



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

## **Uso de nutraceuticos en la alimentación de rumiantes**

**RICARDO MARTINEZ MARTÍNEZ**

**T E S I S**  
**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS**

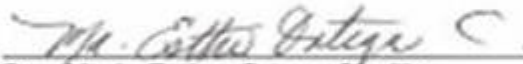
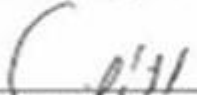
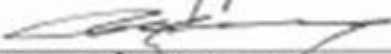
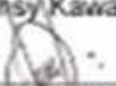
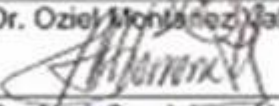

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**

**2015**

La presente tesis titulada: "Uso de nutraceuticos en la alimentación de rumiantes" realizada por el alumno: Ricardo Martínez Martínez, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO	 Dra. Maria Esther Ortega Oerrilla
ASESOR	 Dr. Juan José Zarate Ramos
ASESOR	 Dr. Jorge Ramsy Kawas Garza
ASESOR	 Dr. Oziel Montañez Valdez
ASESOR	 Dr. José Guadalupe Herrera Haro
ASESOR	 Dr. Ramón Soriano Robles

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2015

## RESUMEN GENERAL

### USO DE NUTRACÉUTICOS EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

Ricardo Martínez Martínez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto antiparasitario de un extracto de taninos condensados (TC) SilvaFeed®. Primero se evaluó el efecto de los TC en la eclosión de huevos y el desarrollo larvario de nemátodos gastrointestinales (NGI) *in vitro*. Los tratamientos fueron; A (125 mg mL<sup>-1</sup>), B (250 mg mL<sup>-1</sup>), C (500 mg mL<sup>-1</sup>), D (antihelmíntico-Tiabendazol) y E (testigo solución buffer de fosfato, PBS). Los datos obtenidos fueron analizados con el paquete estadístico SAS 9.1. La eficiencia de los TC en la eclosión y el desarrollo larvario fue de 74% y 94% respectivamente. En el estudio *in vivo* se realizaron dos pruebas; 1) se utilizaron 20 borregas gestantes de la raza Katahdin, distribuidos en forma aleatoria a dos grupos en un diseño completamente al azar con dos tratamientos y diez repeticiones por tratamiento y 2) se utilizaron 33 ovinos machos (Pelibuey) el diseño fue totalmente al azar con 11 repeticiones por tratamiento. Los datos obtenidos para las variables evaluadas fueron analizados con el paquete estadístico SAS 9.1. Los resultados en borregas gestantes para la carga parasitaria mostraron que hubo una reducción en el conteo de huevos de *Strongylida* (42 hpg), no se redujo el consumo de la MS, FDN ni la digestibilidad de MS. Para los ovinos en crecimiento la carga parasitaria se redujo en 66% con los TC y para hematocrito los niveles fueron normales (34%). Los NGI identificados fueron *Haemonchus*, *Teladorsagia*, *Trichostrongylus*, *Nematodirus*, *Cooperia*, *Bunostomum*, *Oesophagostomum* y *Chabertia*. No se afectaron las variables productivas (ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), eficiencia alimenticia (EA), espesor de la grasa dorsal (EGD) y variables ruminales (pH, NH<sub>3</sub>-N y AGV, P>0.05). En tanto que la digestibilidad *in vivo* de la MS, PC, FND y FDA no disminuyó con la inclusión de TC. En rendimiento de la canal no hubo diferencias entre tratamientos para peso vivo al sacrificio (PVS), peso vivo vacío (PVV), peso canal fría (PCF), rendimiento canal caliente (RCC), rendimiento canal fría (RCF), rendimiento biológico canal caliente (RBCC), rendimiento biológico canal fría (RBCF), pH, a excepción del peso canal caliente (PCC) donde el tratamiento con taninos tuvo un peso de 18.47 kg. Tampoco hubo diferencias para los niveles de antioxidantes en plasma sanguíneo (P>0.05). En conclusión al agregar 4 % de taninos a las dietas de borregas gestantes y ovinos en crecimiento no afectan las variables productivas, digestibilidad y rendimiento de la canal pero sí se reduce la carga parasitaria de los animales.

**Palabras clave:** huevos, larvas, nematodos gastrointestinales, rendimiento canal, taninos condensados.

## ABSTRACT

### USE OF NUTRACEUTICALS IN RUMINANT FEEDING

Ricardo Martínez Martínez Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

The aim of this study was to evaluate the anti-parasite effect of condensed tannins (CT) SilvaFeed®. The effect of CT in the hatching of eggs and larval development of gastrointestinal nematodes (NGI) *in vitro* was first evaluated. The treatments were as follows: A (125 mg mL<sup>-1</sup>), B (250 mg mL<sup>-1</sup>), C (500 mg mL<sup>-1</sup>), D (anthelmintic-Thiabendazole) and E (control sample Phosphate buffer solution, PBS). The data obtained were analyzed using the statistical package SAS 9.1. The efficiency of CT in the hatching and larval development was 74% and 94% respectively. Two tests were developed in the *in vivo* study; 1) 20 pregnant Katahdin ewes were used, they were randomly distributed into two groups in a completely at random design with two treatments and ten repetitions per treatment. Data were analyzed using the statistical package SAS 9.1. The results showed that there was a reduction in egg counts of *Strongylida* (42 hpg). The consumption of MS, FDN was not affected or DM digestibility, and 2) 33 Pelibuey male lambs were used, the design was completely at random with 11 repetitions per treatment. Parasite load was reduced by 66% with the CT and for hematocrit the levels were normal (34%). The NGI identified were *Haemonchus*, *Teladorsagia*, *Trichostrongylus*, *Nematodirus*, *Cooperia*, *Bunostomum*, *Oesophagostomum* and *Chabertia*. The productive variables The productive variables daily weight gain (DWG), feed conversion (FC), feed efficiency (FE), backfat thickness (BFT) and rib eye muscle area (EMA) were not affected and ruminal (pH, NH<sub>3</sub>-N y AGVs, P>0.05), while digestibility *in vivo* DM, CP, NDF and ADF did not decreased with the inclusion of TC. There was no difference in carcass weight within treatments for live weight at slaughter (LWS), empty body weight (EBW), cold carcass weight (CCW), hot carcass performance (HCP), cold carcass performance (CCP), hot carcass biological performance (HCBP) and biological performance of cold carcass (BPCC), pH, except in hot carcass weight (HCW), where treatment with tannin had a weight of 18.47 kg. There were no differences for the levels of antioxidants in blood plasma (P>0.05) either. In conclusion when adding 4% of tannins to the diets of pregnant ewes and growing lambs the productive variables, digestibility and performance of carcass are not affected, but the parasite load is reduced.

**Keywords:** eggs, larvae, gastrointestinal nematodes, carcass performance, condensed tannins.

## DEDICATORIA

*A Dios.*

*A mis padres (Sabas y Paula).*

*Hermanos (Hilario, Felipe y Paula).*

Y

*En especial a Florencia García Alonso el amor de mi vida, por todo su amor y apoyo brindado.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Colegio de Postgraduados, por haberme dado la oportunidad para realizar mis estudios de Doctorado en Ciencias y a la Línea Prioritaria de Investigación número 7 (Inocuidad, Calidad de alimentos y Bioseguridad), por financiar parcialmente esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) al otorgarme una beca, para mis estudios doctorales.

A los miembros de mi consejo particular: Dra. Ma. Esther Ortega Cerrilla, Dr. Guadalupe Herrera Haro, Dr. Juan José Zarate Ramos, Dr. Jorge Ramsy Kawas Garza, Dr. Ramón Soriano Robles y Dr. Oziel Montañez Valdez, por su asesoramiento, apoyo, consejos y tiempo que me brindaron en este proyecto de estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, en especial a los Dres. Zarate y Kawas, por las facilidades que me otorgaron para realizar parte de este trabajo en las instalaciones de la Facultad.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Dra. Yazmín Alcalá Canto por su asesoramiento y por todas las facilidades otorgadas para realizar la prueba *in vitro* en el Departamento de Parasitología y a los Dres. Antonio Díaz y Cuauhtémoc Nava, del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

A mis amigos y compañeros del Colegio de Postgraduados y de toda la vida por brindarme su amistad.

Y a todas aquellas personas que me apoyaron de una u otra forma en este proyecto.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN GENERAL</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>VI</b>
<b>CONTENIDO</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>XII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>XIV</b>
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>2</b>
<b>1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
<b>3 HIPÓTESIS</b> .....	<b>6</b>
<b>4 REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>7</b>
4.1. DEFINICIÓN DE NUTRACÉUTICO.....	7
4.2. BENEFICIOS DE LOS NUTRACÉUTICOS.....	7
4.3. NUTRACÉUTICOS EN PRODUCCIÓN ANIMAL.....	8
4.4. ANTIOXIDANTES.....	9
4.4.1. <i>Vitamina E</i> .....	10
4.4.2. <i>Vitamina C (ácido ascórbico)</i> .....	10
4.4.3. <i>Ácido lipoíco</i> .....	11
4.5. COMPUESTOS FITOQUÍMICOS: ISOFLAVONAS, FITOESTEROLES, FLAVONOIDES, ANTOCIANINAS, CAROTENOS, TANINOS, SAPONINAS.....	11
4.5.1 <i>Isoflavonas</i> .....	11

4.5.2. Fitoesteroles.....	12
4.5.3. Flavonoides.....	13
4.5.4. Antocianinas.....	14
4.5.5. Carotenos.....	15
4.5.6. Taninos .....	15
4.5.7. Saponinas .....	16
<b>4.6. OTROS NUTRIENTES Y ELEMENTOS USADOS COMO NUTRACÉUTICOS .....</b>	<b>16</b>
4.6.1. Probióticos .....	16
4.6.2. Prebióticos .....	18
4.6.3. Simbióticos.....	18
4.6.4. Nutrimientos (hierro, calcio, cobre) .....	19
4.6.5. Grasas y aceites .....	19
4.6.7. Plantas .....	20
<b>4.7. NUTRACÉUTICOS USADOS EN PRODUCCIÓN ANIMAL .....</b>	<b>21</b>
4.7.1. Bovinos .....	21
4.7.2. Ovinos.....	24
4.7.3. Cabras.....	25
4.7.4. Cerdos.....	27
4.7.5. Aves de corral .....	29
4.7.6. Peces .....	34
4.7.7. Otras especies domésticas .....	37
<b>4.12. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>39</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>55</b>
<b>EFFECTO DE UN EXTRACTO DE TANINOS CONDENSADOS EN LA ECLOSIÓN Y DESARROLLO LARVARIO DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES DE OVINOS .....</b>	<b>56</b>
<b>1.1. RESUMEN .....</b>	<b>56</b>
<b>1.2. ABSTRACT .....</b>	<b>57</b>
<b>1.3. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>58</b>
<b>1.4. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>59</b>
1.4.1. Prueba in vitro de eclosión de huevos de nemátodos.....	59
1.4.1.1. Obtención de los huevos.....	59
1.4.1.2. Eclosión de huevos .....	59
1.4.2. Prueba de desarrollo larvario de NGI.....	61
1.4.2.1. Obtención de larvas .....	61
1.4.2.2. Desarrollo larvario .....	61
1.4.3. Análisis estadístico.....	62



<b>1.5. RESULTADOS</b> .....	<b>63</b>
1.5.1. Prueba de eclosión de huevos.....	63
1.5.2. Prueba de desarrollo larvario.....	64
<b>1.6. DISCUSIÓN</b> .....	<b>65</b>
1.6.1. Prueba de eclosión de huevos.....	65
1.6.2. Prueba de desarrollo larvario.....	66
<b>1.7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>67</b>
<b>1.8. AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>67</b>
<b>1.9. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>68</b>
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>72</b>
<b>EFFECTO DE LOS TANINOS EN LA CARGA PARASITARIA DE <i>STRONGYLIDA</i>, ALIMENTACIÓN, DIGESTIBILIDAD Y VARIABLES RUMINALES EN OVEJAS GESTANTES</b> .....	<b>72</b>
<b>2.1. RESUMEN</b> .....	<b>73</b>
<b>2.2. ABSTRACT</b> .....	<b>74</b>
<b>2.3. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>75</b>
<b>2.4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>76</b>
2.4.1. Ubicación .....	76
2.4.2. Animales, manejo y alimentación.....	76
2.4.3. Diseño experimental y tratamientos .....	77
2.4.4. Recolección y análisis de alimento, heces, orina, y líquido ruminal.....	79
2.4.4.1. Recolección del Alimento ofrecido-rechazado .....	79
2.4.4.2. Análisis del Alimento ofrecido-rechazado .....	79
2.4.4.3. Recolección de Heces.....	80
2.4.4.4. Análisis de las heces.....	80
2.4.4.5. Recolección de Orina .....	81
2.4.4.6. Análisis de orina.....	81
2.4.5. Recolección de líquido ruminal (pH, N-NH <sub>3</sub> y AGVs) .....	82
2.4.5.1. Determinación de N-NH <sub>3</sub> .....	82
2.4.5.2. Determinación de AGVs.....	82
2.4.6. Determinación de parasitosis en las borregas .....	83
2.4.6.1. Determinación de la carga parasitaria.....	84
2.4.6.2. Determinación de los niveles de hematocrito.....	84
2.4.7. Análisis estadístico.....	85
<b>2.5. RESULTADOS</b> .....	<b>86</b>

<i>Digestibilidad, consumo y balance de N</i> .....	86
2.5.1. <i>Variables ruminales (N amoniacal, AGVs, pH)</i> .....	87
2.5.2. <i>Cargas parasitarias y nivel de hematocrito</i> .....	88
<b>2.6. DISCUSIÓN</b> .....	<b>90</b>
2.6.1. <i>Consumo y digestibilidad</i> .....	90
2.6.2. <i>Variables ruminales (N amoniacal, AGVs)</i> .....	91
2.6.3. <i>Carga parasitaria y nivel de hematocrito</i> .....	93
<b>2.7. CONCLUSIÓN</b> .....	<b>93</b>
<b>2.8. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>94</b>
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>101</b>
<b>EFFECTO DE UN EXTRACTO DE TANINOS EN LA CARGA PARASITARIA, COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL EN OVINOS</b> .....	<b>101</b>
<b>3.1. RESUMEN</b> .....	<b>102</b>
<b>3.2. ABSTRACT</b> .....	<b>103</b>
<b>3.3. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>104</b>
<b>3.4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>105</b>
3.4.1. <i>Localización del experimento</i> .....	105
3.4.2. <i>Diseño experimental y tratamientos</i> .....	105
3.4.3. <i>Animales y manejo</i> .....	106
3.4.4. <i>Alimentación (Ingredientes y dietas)</i> .....	107
3.4.5. <i>Determinación de carga parasitaria de NGL en ovinos</i> .....	108
3.4.5.1. <i>Conteo de huevos en heces (hpg)</i> .....	108
3.4.5.1.1. <i>Técnica de McMaster</i> .....	109
3.4.6. <i>Coprocultivo para identificar los géneros de larvas</i> .....	111
3.4.6.1. <i>Coprocultivo</i> .....	111
3.4.7. <i>Hematocrito</i> .....	113
3.4.7.1. <i>Procesamiento de las muestras de sangre para determinar hematocrito</i> 114	
3.4.8. <i>Comportamiento productivo de los ovinos</i> .....	115
3.4.8.1. <i>Consumo diario de MS (CMS)</i> .....	115
3.4.8.2. <i>Ganancia diaria de peso de los ovinos (GDP)</i> .....	115
3.4.8.3. <i>Conversión alimenticia (CA) y eficiencia alimenticia (EA)</i> .....	115
3.4.8.4. <i>Contenido de carbohidratos no-fibrosos (CNF)</i> .....	115
3.4.8.5. <i>Grasa dorsal (EGD) y área del ojo de la costilla (AM)</i> .....	116
3.4.9. <i>Variables ruminales</i> .....	116
3.4.9.1. <i>pH, nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) y ácidos grasos volátiles (AGVs)</i> .....	116
3.4.10. <i>Muestras de alimento</i> .....	117

3.4.11. Muestras de heces y orina .....	118
3.4.12. Digestibilidad in vivo.....	119
3.4.13. Balance y retención del nitrógeno.....	119
3.4.14. Rendimiento de la canal.....	120
3.4.15. Actividad antioxidante (FRAP) en plasma sanguíneo .....	121
3.4.16. Análisis estadístico.....	121
<b>3.5. RESULTADOS.....</b>	<b>178</b>
3.5.1. Conteo de huevos y nivel de hematocrito .....	178
3.5.2. Géneros de parásitos identificados.....	180
3.5.3. Comportamiento productivo .....	184
3.5.4. Variables ruminales en ovinos .....	185
3.5.5. Digestibilidad in vivo de nutrientes.....	186
3.5.6. Balance y retención de nitrógeno.....	186
3.5.7. Rendimiento de la canal de ovinos .....	187
3.5.8. Capacidad antioxidante (FRAP) de los TC en plasma sanguíneo .....	188
<b>3.6. DISCUSIÓN .....</b>	<b>188</b>
3.6.1. Conteo de huevos y hematocrito.....	188
3.6.2. Géneros de parásitos identificados.....	190
3.6.3. Comportamiento productivo .....	190
3.6.4. Variables ruminales.....	192
3.6.5. Digestibilidad in vivo de nutrientes.....	193
3.6.6. Balance y retención de nitrógeno.....	193
3.6.7. Rendimiento de la canal de ovinos .....	194
3.6.8. Actividad antioxidante (FRAP) .....	195
<b>3.7. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>195</b>
<b>3.8. AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>196</b>
<b>3.9. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>196</b>
<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>205</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>206</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

### REVISIÓN DE LITERATURA

CUADRO 1. NUTRACÉUTICOS USADOS COMÚNMENTE EN BOVINOS.....	21
CUADRO 2. NUTRACÉUTICOS USADOS COMÚNMENTE EN OVINOS.....	24
CUADRO 3. NUTRACÉUTICOS USADOS COMÚNMENTE EN CABRAS .....	26
CUADRO 4. NUTRACÉUTICOS USADOS COMÚNMENTE EN CERDOS .....	28
CUADRO 5. NUTRACÉUTICOS USADOS COMÚNMENTE EN AVES.....	30
CUADRO 6. NUTRACÉUTICOS COMÚNMENTE USADOS EN PECES.....	35
CUADRO 7. NUTRACÉUTICOS USADOS COMÚNMENTE EN OTRAS ESPECIES.....	37

### CAPÍTULO I

CUADRO 1.1. ECLOSIÓN DE HUEVOS DE NGI A LARVAS DE OVINOS .....	63
CUADRO 1.2. MEDIA ARITMÉTICA Y EFICIENCIA DE LOS DIFERENTES NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE TC EN HUEVOS DE OVINOS .....	63
CUADRO 1.3. DESARROLLO LARVARIO DE NGI A LARVAS .....	64
CUADRO 1.4. MEDIA ARITMÉTICA Y EFICIENCIA DE LOS DIFERENTES NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE TC EN LOS TRATAMIENTOS DE DESARROLLO DE LARVAS (L <sub>1</sub> A L <sub>2</sub> ) DE OVINOS. ....	64
CUADRO 1.5. MEDIA ARITMÉTICA Y EFICIENCIA DE LOS DIFERENTES NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE TC EN LOS TRATAMIENTOS DE DESARROLLO DE LARVAS (L <sub>2</sub> A L <sub>3</sub> ) DE OVINOS .....	65

### CAPÍTULO II

CUADRO 2.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS DIETA BASE (DB) SIN TANINOS (T1) Y DB CON TANINOS (T2). ....	78
CUADRO 2.2. CONSUMO DE MS, CFDN, CCFN, DIGESTIBILIDAD DE MS Y FDN.....	87

CUADRO 2.3. CONCENTRACIÓN DE AGV, PH Y N-NH <sub>3</sub> EN LAS DOS DIETAS.....	87
---	----

### **CAPÍTULO III**

CUADRO 3.1. GRUPO DE ANTIHELMÍNTICOS PARA OVINOS. ....	106
CUADRO 3.2. INGREDIENTES Y COMPOSICIÓN QUÍMICA (G 100 <sup>-1</sup> MS) DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES EN PORCENTAJE. ....	108
CUADRO 3. 3. VALORES PARA DE LOS PARÁMETROS DE PLASMA SANGUÍNEO EN OVINOS.....	114
CUADRO 3.4. CONTEO DE HUEVOS TRANSFORMADOS A LOGARITMO NATURAL DE OVINOS DE PELO.....	178
CUADRO 3.5. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS DE PELO .....	184
CUADRO 3.6. VARIABLES RUMINALES DEL LÍQUIDO RUMINAL PARA LAS TRES DIETAS EVALUADAS .....	185
CUADRO 3.7. VALORES DE LAS MEDIAS DE CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD <i>IN VIVO</i> DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	186
CUADRO 3.8. BALANCE DE NITRÓGENO DE OVINOS DE PELO. ....	187
CUADRO 3.9. RENDIMIENTO DE LA CANAL DE OVINOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	187
CUADRO 3.10. ANTIOXIDANTES EN PLASMA SANGUÍNEO.....	188

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

FIGURA 1.1. PRUEBA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS Y DESARROLLO LARVARIO DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES DE OVINOS.....	60
---	----

### CAPÍTULO II

FIGURA 2.1. MATERIAL PARA EXAMEN COPROLÓGICO DE OVINOS .....	81
FIGURA 2.2. HUEVOS DEL ORDEN DE <i>STRONGYLIDA</i> .....	88
FIGURA 2.3. EFECTO DE TANINOS TOTALES DE SILVAFEED® EN LA REDUCCION DEL CONTEO FECAL DE HUEVOS DE PARÁSITOS DEL ORDEN <i>STRONGYLIDA</i> DURANTE 7 SEMANAS.....	89
FIGURA 2.4. NIVELES DE HEMATOCRITO EN OVEJAS GESTANTES .....	90

### CAPÍTULO III

FIGURA 3.1 CÁMARA DE McMASTER (THIENPONT <i>ET AL.</i> , 1986). .....	109
FIGURA 3.2. PROCEDIMIENTO PASÓ A PASO DE LA TÉCNICA McMASTER (FOTO FUENTE <a href="http://WWW.RVC.AC.UK">WWW.RVC.AC.UK</a> ).....	110
FIGURA 3.3. DIAGNÓSTICO DE LAS HELMINTIASIS POR MEDIO DEL EXAMEN COPROLÓGICO CON UN MICROSCOPIO. IMAGEN TOMADA DE D. THIENPONT <i>ET AL.</i> (1986). .....	111
FIGURA 3.4. APARATO DE BAERMANN, PARA OBTENER LARVAS.....	112
FIGURA 3.5. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA EXTREMIDAD, MEDIA Y POSTERIOR DE LOS DIFERENTES GÉNEROS DE LARVAS L <sub>3</sub> DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN OVINOS: A. <i>STRONGYLOIDES</i> SPP, B. <i>BUNOSTOMUM</i> SPP, C. <i>TRICHOSTRONGYLUS</i> SPP, D. <i>TELADORSAGÍA</i> SPP, E. <i>COOPERIA</i> SPP, F. <i>MECISTOCIRUS DIGITATUS</i> , G. <i>HAEMONCHUS</i> SPP, H. <i>CABERTIA OVINA</i> , I. <i>OESOPHAGOSTOMUM</i> SPP, J. <i>NEMATODIRUS</i> SPP. (LIEBANO, 2010).....	113
FIGURA 3.6. OVINO CON BOLSA RECOLECTORA DE HECES .....	118
FIGURA 3.7. DATOS (MEDIA ± EEM), RECUENTO DE HUEVOS EN HECES (HPG) DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES, EN OVINOS DE PELO DURANTE 60 DÍAS. ....	179

FIGURA 3.8. DATOS (MEDIA $\pm$ EEM), NIVELES DE HEMATOCRITO EN OVINOS DE PELO .....	180
FIGURA 3.9. GÉNEROS DE LARVAS INFECTANTES (L <sub>3</sub> ) DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES ENCONTRADAS EN COPROCULTIVO (MEDIA $\pm$ EEM). .....	181
FIGURA 3.10. COMPORTAMIENTO DE <i>HAEMONCHUS</i> EN EL TIEMPO PARA LOS TRES TRATAMIENTOS. ....	182
FIGURA 3.11. COMPORTAMIENTO DE <i>TRICHOSTRONGYLUS</i> EN EL TIEMPO PARA LOS TRES TRATAMIENTOS. ....	182
FIGURA 3.12. COMPORTAMIENTO DE <i>COOPERIA</i> EN EL TIEMPO PARA LOS TRES TRATAMIENTOS. ....	183
FIGURA 3.13. COMPORTAMIENTO DE <i>BUNOSTOMUM</i> EN EL TIEMPO PARA LOS TRES TRATAMIENTOS. ....	183
FIGURA 3.14. ULTRASONIDO DE GRASA DORSAL Y ÁREA DEL MUSCULO .....	185

## INTRODUCCIÓN GENERAL

La nutrición y sanidad en los pequeños rumiantes (ovinos y caprinos), siempre han ido de la mano, constantemente se buscan alternativas alimenticias para mejorar la producción y sanidad de estos (Barger, 1996). El uso de plantas forrajeras principalmente leguminosas en la alimentación de los rumiantes, especialmente por los compuestos fitoquímicos o secundarios que poseen, denominados nutraceuticos (taninos condensados, saponinas, lectinas etc.). Nutraceutico es una sustancia fisiológicamente activa que es extraída de fuentes naturales (plantas, animales, microorganismos) mediante procesos biotecnológicos que conservan las propiedades originales de la sustancia (Birqueta *et al.*, 2009).

Los efectos positivos reportados en los rumiantes, están: aumento de la ganancia de peso, mayor consumo de la materia seca, mayor digestibilidad, mejora la salud de los rumiantes, capacidad antioxidante, antihelmíntica, etc., mejorando así el desempeño productivo y la salud del animal, usando cantidades pequeñas de estos nutraceuticos para evitar intoxicación o muerte del animal (Dynes *et al.*, 1998; Kahn *et al.*, 2000; Torres-Acosta *et al.*, 2005).

Entre las causas más frecuentes que ocasionan ineficiencia productiva y económica en los sistemas pecuarios se encuentran, las enfermedades parasitarias causadas por nematodos gastrointestinales (NGI) (Quiroz, 2003). La presencia y persistencia de la parasitosis en rumiantes ha llevado a la práctica indiscriminada del uso de antihelmínticos químicos comerciales. Sin embargo, surge otro problema y es que los parásitos adquieren resistencia a los fármacos usados, haciéndolos ineficientes. Por esto se deben buscar métodos alternativos para controlar y disminuir la presencia de NGI en los ovinos, haciendo el menor uso de compuestos químicos (Githiori, 2005). Es por esto que se ha centrado el interés en estudiar alternativas naturales para controlar y reducir la carga parasitaria de NGI en ovinos, una alternativa podría ser el uso de productos nutraceuticos derivados de las plantas con propiedades antihelmínticas (Alejandre *et al.*, 2006).



Los taninos condensados presentes en plantas o forrajes tienen propiedades antiparasitarias y su efecto es en la disminución de los NGI, ya sea por vía directa (reducción del número de parásitos) o indirecta (resistencia o resiliencia) (Kahn *et al.*, 1999). Los resultados en experimentos *in vivo* e *in vitro*, sugieren que los forrajes que contienen taninos condensados, poseen propiedades antihelmínticas y podrían utilizarse como antiparasitarios. Esto sería una opción prometedora para el control integrado de la parasitosis por nemátodos gastrointestinales en los sistemas de producción animal, usando dosis de 2 a 4% de taninos condensados en la dieta de los rumiantes (Alemán *et al.*, 2011). También se puede hacer uso de extractos de taninos condensados comerciales, con la finalidad de reducir la carga parasitaria de ovinos y así mantener una producción animal sustentable y económica.

En el presente estudio se evaluó el uso de un extracto de taninos condensados SilvaFeed® determinando el efecto de estos sobre la carga parasitaria de los ovinos y ovejas en gestación. Además se evaluaron el efecto de los taninos condensados en variables como: la digestibilidad, la productividad, ruminal y el rendimiento de la canal de los animales. También previo a esto se realizó un estudio *in vitro* donde se evaluó el efecto de los taninos condensados en la eclosión y desarrollo larvario de nematodos gastrointestinales que afectan principalmente a los ovinos.

## LITERATURA CITADA

Alejandre, O.M.E., López, V.L., Hernández, F.A. 2006. Plantas de uso medicinal en ovinos en dos comunidades de Oaxaca. Mem. XIII Congreso Nacional de Producción Ovina (AMTEO). Toluca, México.

Alemán, Y., Sánchez, L.M., Pérez, T., Rodríguez, Y., Olivares, J.L., Rodríguez, J.G. 2011. Actividad larvicida de extractos de *Rhizophora mangle* L. contra strongílidos gastrointestinales de ovinos. Rev. Salud Anim. 33: 111-115.

- Barger, I.A. 1996. Prospects for integration of novel parasite control options into grazing systems. *Int. J. Parasitol.* 26:1001-1007.
- Birueta, G.A., Juárez, H., Sieiro, O.E., Romero, V.R., Silencio, B.L. 2009. Los nutracéuticos. Lo que es conveniente saber. *Rev. Méx. Pediatría.* 76: 136-145.
- Dynes, R.A., Poppi, D.P., Barrell, G.K., Sykes, A.R. 1998. Elevation of feed intake in parasiteinfected lambs by central administration of a cholecystokinin receptor antagonist. *Br. J Nutr.* 79: 47-54.
- Githiori, J.B., Thamsborg, S.M., Athanasiadou, S. 2005. Use de plants in novel approaches to control of gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Proc. Novel Approaches to the Control of Helminths Parasites Livestock, 2005. Worm control or worm management: New paradigms in integrated control.* Mérida, Yucatán, México.
- Kahn, L. y Diaz-Hernandez, A. 1999. Tannins in Livestock and Human Nutrition. *Proceedings of an International Workshop, Adelaide, Australia, May 31-June2.*
- Kahn, L., Kyriazakis, I., Jackson, F., Coop, R. 2000. Temporal effects of protein nutrition on the growth and immunity of lambs infected with *Trichostrongylus colubriformis*. *International Journal for Parasitology.* 30:193-205.
- Quiroz, R.H. 2003. *Parasitología y enfermedades parasitarias de los animales domésticos.* Ed. Limusa, México, D.F.
- Torres-Acosta, J.F.J., Aguilar-Caballero, A.J. 2005. Epidemiología, prevención y control de nematodos gastrointestinales en rumiantes. Cap 10. Sección II Enfermedades causadas por parásitos y rickettsias. En *Enfermedades de importancia económica en producción animal.* Pp. 145-173.

## **1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La alimentación de los rumiantes ya sea en agostaderos o estabulados se basa en forrajes y concentrados que en muchas ocasiones son de baja calidad nutritiva y disponibilidad, por lo cual se debe buscar alternativas de alimentación aprovechando los recursos locales para reducir gastos y pérdidas en el sistema, para mejorar la producción. Además de buscar alternativas para disminuir la carga parasitaria provocadas por nematodos gastrointestinales de los rumiantes, que en México es uno de los problemas que con mayor frecuencia se presenta en estos sistemas de producción animal.

El daño que provocan los parásitos en el tubo digestivo de los rumiantes es ruptura de la mucosa, cambios enzimáticos, pérdida en la absorción de nutrientes y formación de nódulos, daños que impactan en la salud animal severamente con la posible muerte de los animales. La mayor prevalencia de nematodos gastrointestinales se registra en regiones de clima templado y tropical, asociado a los problemas de resistencia antihelmíntica. Los ovinos infectados por NGI presentan reducción en la ganancia de peso hasta del 50%, y mortalidad del 20-50%. En México se desconocen las pérdidas económicas provocadas por la parasitosis de NGI en ovinos, además de que existe un uso indiscriminado de antihelmínticos que ha provocado resistencia de los parásitos a estos fármacos. Por lo antes expuesto es necesario buscar alternativas económicamente accesibles de productos que demuestren eficacia en la práctica y capacidad para biodegradarse evitando la acumulación de residuos tóxicos en los productos de origen animal (carne y leche). El uso de compuestos secundarios extraídos de plantas como los taninos condensados que tienen propiedades antiparasitarias, puede ser una alternativa viable y factible para reducir y controlar la carga parasitaria en ovinos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Evaluar el extracto de taninos condensados SilvaFeed® para determinar su efectividad antihelmíntica *in vitro* e *in vivo* en huevos y larvas de nematodos gastrointestinales de ovejas gestantes y ovinos en crecimiento.

### 2.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar *in vitro* la eclosión y desarrollo larvario de NGI con extracto de taninos condensados SilvaFeed®.
- b) Evaluar en ovejas en el último tercio de gestación, la efectividad antihelmíntica del uso de extracto de taninos SilvaFeed®.
- c) En borregos en crecimiento, evaluar la respuesta antiparasitaria y de variables productivas (ganancia de peso, conversión alimenticia, consumo de alimento, comportamiento productivo de la canal y de la carne) al agregar extractos de taninos SilvaFeed® en la dieta, comparado con un antihelmíntico comercial (Tiabendazol).

### **3 HIPÓTESIS**

La adición de extracto de taninos condensados en dietas para ovinos, reducirá la carga parasitaria, además de mejorar algunas variables productivas y tener efecto antioxidante.

## **4 REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1. Definición de nutraceutico**

Un nutraceuticos es cualquier elemento o ingrediente de los alimentos principalmente de origen vegetal que no es tóxico y que tiene un efecto benéfico y preventivo. Sirven para tratar y prevenir enfermedades en seres humanos y animales (Pszcola, 1999).

Para DeFelice, (1989) nutraceutico es la combinación de nutrición y farmacéutica, es decir es un alimento o parte de este que tiene propiedades medicinales o preventivas en la salud.

También se definen cómo productos alimenticios de cuyos ingredientes forman parte los fitoquímicos, extractos vegetales, vitaminas y minerales que se destinan a conservar o mejorar la salud (Zeisel, 1999).

Shahidi, (2009) describe a los nutraceuticos como productos alimenticios industriales, elaborados a partir de alimentos naturales y/o de sustancias diversas que no son alimenticias y se consumen como píldoras, cápsulas, chicles, bebidas, que son benéficos para la salud.

Así un nutraceutico es una sustancia fisiológicamente activa que es extraída de fuentes naturales (plantas, animales, microorganismos) mediante procesos biotecnológicos que conservan las propiedades originales de la sustancia (Biruetta *et al.*, 2009).

### **4.2. Beneficios de los nutraceuticos**

En animales los nutraceuticos tienen varios beneficios ya sea en la salud o en la prevención de enfermedades, pero se debe tener cuidado al usar estos productos (probióticos, prebióticos, fitoquímicos o metabolitos secundarios; polifenoles, carotenoides, flavonoides, inhibidores de tripsina, taninos, antocianinas, lectinas, etc.), los cuales deben ser consumidos o suministrados en pequeñas cantidades a los

animales, ya que en dosis altas o si se excede su ingestión pueden causar intoxicación en estos e incluso la muerte (Dillar y German, 2000).

### **4.3. Nutracéuticos en producción animal**

Durante años el uso indiscriminado de productos químicos como promotores de crecimiento, aditivos, así como productos veterinarios (antibióticos, anestésicos, antiinflamatorios, antiparasitarios, etc.), en los diferentes sistemas de producción animal ha causado problemas ambientales y de salud para los seres humanos, ya que no todos estos compuestos químicos se degradan fácilmente e incluso pueden acumularse en la carne, huevo y otros productos de origen animal. Por esto, en los últimos años la demanda de productos inocuos y sanos que estén libres de nitratos, grasas, sal, y en general de productos químicos ha aumentado por los consumidores (Brambilla y De Filippis, 2005). Por ello es necesario buscar productos naturales que sustituyan a los antes mencionados para ser usados en la producción animal, como pueden ser los nutracéuticos, que tienen el mismo principio activo de los productos químicos, sin que se tengan efectos secundarios.

Los nutracéuticos son productos basados en ingredientes procedentes de la propia naturaleza (animales, plantas o minerales) y se caracterizan por ser ricos en algunos compuestos secundarios y nutrientes (taninos condensados, alcaloides, saponinas, flavonoides, vitaminas, etc.). Son productos que por su origen natural se encuentran en formas más biodisponibles y generalmente pueden ser administrados por largos periodos de tiempo, sin riesgo de efectos colaterales (Shui y Leong, 2006; Sumi, 2008).

Actualmente Algunos problemas a los que se enfrentan los sistemas de producción animal (bovinos, ovinos, cerdos, aves, peces, entre otros), son; degradación del ambiente, hacinamiento y estrés animal, mayor número de enfermedades, mayor demanda de carne, huevo principalmente de la población humana etc. Por esto los productores se ven forzados a recurrir a medicamentos, aditivos, promotores de crecimiento, etc., para la producción y muchas veces no son efectivos para en la

producción animal, esto incrementa los gastos y en muchas ocasiones llegando a grandes pérdidas económica por los productores. Por todo esto el uso de nutracéuticos se ha convertido en una posibilidad para reducir en gran medida estas problemáticas. Así las autoridades sanitarias deben considerar que la prevención y el tratamiento de muchas enfermedades y formas de producir alimentos de origen animal es viable con el uso de nutracéuticos teniendo como resultado, una mejor salud y calidad de vida humana y animal (Andlauer y Fürst, 2002).

A continuación se describen algunos productos nutracéuticos usados en la producción animal.

#### **4.4. Antioxidantes**

Los antioxidantes son compuestos que por su estructura química pueden reducir la formación de radicales libres y prevenir o tratar las enfermedades que son causadas por el estrés oxidativo. Un importante grupo de antioxidantes son los carotenos, que son precursores de la vitamina A, vitamina E, y vitamina C (William, 1997; Royer *et al.*, 2011).

Con el envejecimiento y el estrés se incrementa la producción de radicales libre y los niveles de producción de superóxido dismutasa se reducen. Por ello es necesario el consumo de antioxidantes por los animales para reducir la oxidación. A continuación se mencionan algunos antioxidantes de importancia en la producción animal.

Dabrowska y Mir, (2009) clasificaron los antioxidantes en exógenos y endógenos. Entre los primeros están la vitamina E, C flavonoides y carotenoides como el  $\beta$  caroteno, licopeno y la zeoxantina, siendo también estos dos últimos carotenoides, en los endógenos tenemos al glutatión, coenzima Q (ubiquinona), ácido lipoico, y enzimas (superóxidodismutasa, catalasas y glutatión peroxidasa).



#### 4.4.1. Vitamina E

La vitamina E o tocoferoles son potentes antioxidantes liposolubles que protegen la integridad de las membranas celulares. Se encuentran asociados a fuentes de origen vegetal ricas en aceite (Zhang *et al.*, 2010). La vitamina E consta de dos partes principales: un anillo complejo de cromo y una larga cadena lateral. Se encuentra en una gran variedad de alimentos y es una de las vitaminas de más amplia distribución. La reactividad de la vitamina E con los radicales orgánicos piróxilos se asocia con las propiedades redox del anillo cromano y es la responsable de su capacidad antioxidante (Fernández *et al.*, 2002).

#### 4.4.2. Vitamina C (ácido ascórbico)

La vitamina C interviene en múltiples procesos, tales como formación de hormonas esteroideas, conversión del colesterol en ácidos biliares, incremento en la absorción de hierro a nivel gástrico, aumenta la efectividad los medicamentos utilizados para combatir las infecciones de las vías urinarias, interviene en la síntesis de colágeno; proteína necesaria para el mantenimiento del tejido conectivo de la piel, cartílagos, ligamentos, huesos, dientes y vasos sanguíneos, es un agente antioxidante que está asociado a la prevención de enfermedades, tiene la capacidad de estimular el sistema inmunológico contra procesos infecciosos (Škrovánková, 2011).

La vitamina C es hidrosoluble y termolábil, se oxida con el aire con facilidad, es un potente antioxidante ampliamente utilizado como aditivo alimentario, además de estimular las defensas naturales, contribuye a la formación y conservación de huesos y dientes, así como a la cicatrización de heridas y tejidos (Škrovánková, 2011).

#### 4.4.3. Ácido lipoíco

El ácido lipoíco es una molécula pequeña compuesta de una cadena de ocho átomos de carbono y un radical disulfuro colocado en su parte final, actúa como cofactor en diversas reacciones favoreciendo que las células incrementen su producción de energía y se facilite su regeneración. El ácido lipoíco es una coenzima clave en el metabolismo energético de las células, es derivado del ácido graso octanoíco, unido covalentemente a la lisina (Akiba *et al.*, 1998)

Este ácido se ha encontrado en vegetales y animales. Por su efecto antioxidante, hipoglucemiante y energizante, se utiliza como un ingrediente activo en los suplementos dietéticos.

Este compuesto participa como cofactor en muchas reacciones bioquímicas del organismo, principalmente favorece el ciclo respiratorio a nivel mitocondrial, en la glucólisis. Es responsable de la conversión de la glucosa sanguínea circulante en energía (simulador insulínico potente sin efectos secundarios, con mejor efecto incluso que el sulfato de vanadio o el cromo), también participa en la reacción de oxidación del ácido pirúvico, a través del complejo enzimático piruvato deshidrogenasa y en la oxidación del alfaetoglutarato, además de intervenir como cofactor en los procesos de oxidación de algunos aminoácidos como la leucina, la isoleucina y la valina que se encuentran en el trigo, nueces y avena respectivamente (Vertuani *et al.*, 2004)

#### **4.5. Compuestos fitoquímicos: isoflavonas, fitoesteroles, flavonoides, antocianinas, carotenos, taninos, saponinas**

##### 4.5.1 Isoflavonas

Las isoflavonas se consideran fitoestrógenos (estrógenos vegetales) se clasifican como moduladores selectivos de receptores de estrógenos (SERM). A diferencia de los estrógenos, los SERM son selectivos de ciertos tejidos, teniendo así efectos similares al estrógeno en algunos y ningún efecto en otros, o bien actuando como

antiestrogénicos. Las encontramos en soya y algunas legumbres (habas, lentejas, etc.) (Lee *et al.*, 2005).

Las isoflavonas poseen una estrecha similitud en la estructura química con los estrógenos. El anillo fenolito que es el elemento clave de la estructura, permite ligarse a los receptores estrogénicos. Se trata de compuestos que contienen uno o varios grupos hidroxilos unidos a un anillo aromático.

Los fitoestrógenos o isoflavonas evitan las rutas metabólicas de propagación de cánceres hormono-dependientes como el de mama y próstata. Adicionalmente, se utilizan actualmente para tratar o atenuar el síndrome posmenopáusico en mujeres maduras caracterizado por la presentación de bochornos, cambios de humor y descalcificación de los huesos (Williamson-Hughes *et al.*, 2006).

Se ha demostrado que las isoflavonas tienen propiedades antioxidantes, comparables al de la vitamina E. (Heneman *et al.*, 2007).

#### 4.5.2. *Fitoesteroles*

Los fitoesteroles son esteroides naturales de origen vegetal presentes mayoritariamente en plantas oleaginosas (maíz, soya, girasol y canola), nueces y cereales, que se caracterizan por tener una estructura química muy semejante al colesterol, compitiendo por la absorción de este a nivel intestinal.

La diferencia estructural de los fitoesteroides con el colesterol y entre los diferentes fitoesteroides radica en la cadena hidrocarbonada lateral, que suele presentar sustituyentes de tipo metilo o etilo. Por tanto, en los fitoesteroides, la cadena hidrocarbonada lateral está formada por 9 o 10 carbonos y en algunos de ellos presenta un doble enlace (estigmasterol), mientras que en el colesterol esta cadena está formada por 8 carbonos y es saturada. Los fitoesteroides químicamente identificados suman más de 25 estructuras diferentes. Sin embargo, los que se encuentran en mayor proporción son el  $\alpha$ -sitosterol (C29), el campesterol (C28) y el

estigmasterol (C29), que en su conjunto constituyen el 95-98% de los fitoesteroles identificables en extractos vegetales (Ramadan y Morsel, 2003).

Los fitoesteroles tienen propiedades antiinflamatorias, antitumorales, bactericidas fungicidas, además de tener efecto hipocolesterolémico, tanto a nivel del colesterol total como del colesterol-LDL. En 1950 se realizó la primera observación de que el consumo habitual de fitoesteroles como componentes de la dieta, ejerce un marcado efecto hipocolesterolémico (Muñoz *et al.*, 2011).

Los fitoesteroles ejercen sus efectos hipocolesterolémicos a tres niveles diferentes: a) inhiben la absorción a nivel intestinal del colesterol, tanto de origen dietario como biliar, b) inhiben la reesterificación del colesterol a nivel de la actividad de la ACAT, c) aumentan la actividad y la expresión del transportador tipo ABC, acelerando el flujo de colesterol desde las células intestinales al lumen intestinal (Valenzuela y Ronco, 2004).

#### 4.5.3. Flavonoides

Flavo proviene del latín flavus y significa de color entre amarillo y rojo, como el de la miel o el del oro y flavonoide se refiere a un grupo aromático, pigmentos heterocíclicos que contienen oxígeno, ampliamente distribuido en las plantas, constituyendo la mayoría de los colores amarillo, rojo y azul de las plantas y frutas (Garg *et al.*, 2001).

Los flavonoides están compuestos de dos anillos fenilos (A y B), ligados mediante un anillo pirano (C). La síntesis de estos tiene lugar en las plantas a partir de unidades de acetato y aminoácidos aromáticos como la fenilalanina y la tirosina (Jiménez *et al.*, 2009).

La actividad antioxidante de los flavonoides resulta de una combinación de sus propiedades quelatantes de hierro y secuestradoras de radicales libres, además de la inhibición de las oxidasas, como lipooxigenasa, ciclooxigenasa, mieloperoxidasa y la xantina oxidasa; evitando así la formación de especies reactivas de oxígeno y de hidroxiperóxidos orgánicos. Aunado a esto, se ha visto que también inhiben enzimas

involucradas indirectamente en los procesos oxidativos, como la fosfolipasa A2 (Garg *et al.*, 2001).

#### 4.5.4. Antocianinas

Las antocianinas son flavonoides pigmentados responsables de la mayoría de los colores de las flores y los frutos. Por ello son importantes en la polinización y en la dispersión de semillas (Wang *et al.*, 1997).

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3 C. Variaciones estructurales del anillo B resultan en seis antocianidinas conocidas. Cuando las antocianinas carecen de azúcar se denominan antocianidinas (Kong *et al.*, 2003).

Las antocianinas representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible por el ojo humano. Estos pigmentos son responsables de la gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul en varias frutas, vegetales y cereales y se encuentran acumulados en las vacuolas de la célula (Seeram *et al.*, 2006).

Las antocianinas poseen diferentes funciones en la planta como son la atracción de polinizadores para la posterior dispersión de semillas y la protección de la planta contra los efectos de la radiación ultravioleta y contra la contaminación viral y microbiana. El interés por los pigmentos antociánicos y su investigación científica se ha incrementado en los últimos años, debido no solamente al color que confieren a los productos que las contienen sino a su probable papel en la reducción de enfermedades coronarias, cáncer y diabetes, así como a sus efectos antiinflamatorios y mejoramiento de la agudeza visual y comportamiento cognitivo (Hanamura *et al.*, 2005).

#### 4.5.5. Carotenos

Los carotenos solo contienen carbono e hidrógeno. El caroteno más comúnmente encontrado es el  $\beta$ -caroteno, y normalmente constituye entre el 25-30 % del contenido total de carotenoides en las plantas. La luteína es la xantofila más abundante (40-45 %), pero siempre se encuentra en menor proporción que el  $\beta$ -caroteno (Lee *et al.*, 2004). En general los carotenos pertenecen al grupo de isoprenoides o terpenoides que se originan de una molécula de cinco carbonos llamada isopreno (Delgado-Vargas *et al.*, 2000).

#### 4.5.6. Taninos

Los taninos condensados se definen como cualquier compuesto fenólico con peso molecular altos y grupos hidroxilo, capaces de formar enlaces con proteínas y otras macromoléculas como celulosa, almidón, etc. (Van Soest, 1994).

Los taninos se dividen en dos grupos; a) taninos hidrolizables, se hidrolizan químicamente o por enzimas, y están constituidos por un núcleo compuesto por un glúcido, cuyos grupos hidroxilo se encuentran esterificados con ácido fenólico (ácido gálico y hexahidroxidifénico), b) taninos condensados (proantocianidinas), son polímeros no ramificados de hidroxiflavonoles como la catequina, unidos mediante enlaces de carbonos y carecen de núcleo glucídico. Los taninos condensados tiene un peso molecular mayor que los taninos hidrolizables, 1000-2000 vs 500-3000 respectivamente (Muller-Harvery, 2006).

Algunas plantas polifenólicas forrajeras ricas en taninos condensados han atraído la atención como *Lotus pedunculatus*, *L. corniculatus*, *sulla*, *Leucaena spp*, *Acacia spp*, etc. para su uso en producción animal. Los taninos también pueden encontrarse en la corteza de algunos árboles como en ciertas especies de pino. La corteza podría ser suministrada a los animales por el hombre o bien a voluntad del animal si tuviesen acceso a los árboles. Los taninos de estas plantas tienen acciones indirectas, por la

precipitación de las proteínas en el rumen y su rápido paso al intestino delgado, facilitando su absorción, y acciones directa al disminuir el número de larvas infectantes de nematodos gastrointestinales como *Haemonchus*, *Trichostrongylus* y *Strongyloides* (Molan *et al.*, 2003).

#### 4.5.7. Saponinas

Las saponinas son glucósidos que se encuentran distribuidos ampliamente en las plantas y están formadas por una aglicona de origen terpénico, esteroidal o esteroidal alcaloide; al cual se une por el hidroxilo del carbono-3 a una cadena ramificada de azúcares, la cual puede ser de hasta cinco moléculas, generalmente glucosa, arabinosa, ácido glucurónico, xilosa y ramnosa (Waller y Yamasaki, 1996; Hostettmann y Marston, 2005).

Las saponinas esteroidales se encuentran principalmente en monocotiledóneas como son *Liliaceae* (*Agavaceae*), *Dioscoreaceae* y *Amaryllidaceae*, mientras que las saponinas terpénicas se encuentran en dicotiledóneas. La gran diversidad estructural de las saponinas se refleja en sus diferentes propiedades biológicas y fisicoquímicas y en el uso que se hace de ellas en jabones, antimicrobianos y anticancerígenos (Oleszek, 1996; Oleszek, 2002).

### 4.6. Otros nutrientes y elementos usados como nutraceuticos

#### 4.6.1. Probióticos

Los probióticos son definidos como aquellos compuestos que contienen microorganismos vivos y son benéficos para la salud debido a que proveen un equilibrio en la microflora. Tienen una variedad de efectos positivos como son la prevención de diversos cánceres del tubo digestivo, de niveles altos de colesterol sanguíneo, por lo tanto, tienen efectos en contra de los infartos al corazón y embolias

cerebrales. Estos microorganismos son antagonistas de la gran mayoría de las bacterias patógenas que causan severos problemas intestinales como diarrea y vómito (Fuller, 1989).

También se definen como microorganismos vivos que al administrarse en cantidades adecuadas, confieren un beneficio a la salud del huésped. Para que se les considere probióticos, los microorganismos deben resistir su paso a través del pH ácido del estómago y su posterior contacto con las sales biliares, deben adherirse a las células epiteliales del intestino, colonizar y estabilizar a la microflora intestinal (Collins *et al.*, 1998; Morelli, 2000).

En animales de granja durante los primeros días de vida, los microorganismos usados como probióticos aumentan la ganancia de peso y los rangos de conversión alimenticia y disminuyen la incidencia de diarrea en los animales. Por lo que los probióticos han sido señalados como una alternativa al uso de antibióticos promotores de crecimiento en la alimentación animal. (Simon *et al.*, 2001).

Dentro de los microorganismos que han sido autorizados para su empleo en la alimentación animal podemos distinguir diferentes grupos de bacterias probióticas (*Bacillus cereus*, *Bacillus cereus toyoi*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus faciminis*, *Pediococcus acidilactici*, *Streptococcus*), entre las levaduras probióticas el género más común es el *Saccharomyces*, especies *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces cerevisiae* var. *Boulardii* y *Kluyveromyces* (Vander *et al.*, 2005; Anadon *et al.*, 2006). Todas estas cepas han demostrado efectos positivos en diferentes especies tales como rumiantes, aves, porcinos, peces y conejos (Breul, 1998).

El comportamiento animal en respuesta a la adición de probióticos está influenciado por múltiples factores, entre los cuales se encuentran la dosis utilizada, edad, raza, tipo de explotación, uso de antibióticos, estrés y el ambiente. Por esta razón es muy común encontrar respuestas variables al uso de probióticos, por lo que se deben considerar estos factores antes de utilizarlos (Drisko *et al.*, 2003).



#### 4.6.2. Prebióticos

Otro grupo importante son los prebióticos, estas son sustancias alimenticias (consisten fundamentalmente en polisacáridos que no son almidón y oligosacáridos) que nutren a un grupo selecto de microorganismos que colonizan el intestino. Favorecen la multiplicación de las bacterias benéficas más que la de las perjudiciales (Gaggia *et al.*, 2010).

También se considera a los prebióticos como sustancias no digeribles que tienen un efecto fisiológico benéfico para el huésped, estimulando selectivamente el crecimiento favorable o la actividad de un número limitado de bacterias. Los prebióticos se pueden proporcionar a los animales en forma de alimentos (granos de soya, maíz, etc.), bebidas fortificadas y suplementos dietarios (oligofructosa, inulina, galacto-oligosacáridos, lactulosa, Gaggia *et al.*, 2010).

#### 4.6.3. Simbióticos

Los simbióticos son combinaciones apropiadas de pre y probióticos es decir, un producto simbiótico ejerce un efecto tanto prebiótico como probiótico. La adición de un prebiótico adecuado puede mejorar la supervivencia y el establecimiento de un organismo probiótico, al proporcionar una fuente nutricional que no puede ser utilizada por organismos competidores (Gaggia *et al.*, 2010).

Un ejemplo de este sinergismo lo constituye la relación de la cantidad de fibra dietética con la microflora intestinal. Una dieta pobre en fibra puede producir cambios en la ecología de la microflora intestinal y una disminución en la población de *Lactobacillus* con aumento de bacteroides capaces de desdoblar los ácidos biliares secundarios en compuestos carcinogénicos, como el deshidronorcoleno y el metilcolantreno (Reig y Anesto, 2002).

#### 4.6.4. Nutrimientos (*hierro, calcio, cobre*)

El hierro y el cobre tienen importantes propiedades antioxidantes, pero también pueden actuar como importante fuente de producción de radicales libres, ya que en su forma reducida ( $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Cu}^{+}$ ) son muy reactivos (a diferencia de la forma oxidada  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Cu}^{2+}$ ), descomponiendo el peróxido de hidrógeno en radical hidróxilo (NRC, 1989; Latham, 2002; Mišurcová *et al.*, 2011).

#### 4.6.5. Grasas y aceites

El consumo de aceites ricos en ácidos grasos omega 3 y poli-insaturados de cadena larga previenen la hipercolesterolemia y las enfermedades cardiovasculares. Algunos ácidos grasos de cadena larga, como el DHA (ácido docasahexaenoico) y EPA (ácido eicosapentaenoico), encontrados sólo en aceites de pescado o de algunas algas, forman parte de las membranas celulares y por lo tanto afectan el desarrollo cerebral en bebés y niños y la función cerebral en adultos. Igualmente, el consumo de fosfolípidos donde destaca la lecitina, ayuda a mantener la integridad de las membranas celulares y previene la hipercolesterolemia. Entre las grasas que son benéficas están los omega-3, estos ácidos grasos han demostrado ser más efectivos en mejorar las condiciones de salud, incluyendo en reducir los triglicéridos, por lo que se han incluido en diferentes alimentos (Shahidi, 2009).

Los ácidos grasos que componen los aceites en general son ácidos grasos saturados e insaturados. Los insaturados a su vez pueden ser monoinsaturados o poliinsaturados (AGPI). Desde el punto de vista de su uso nutricional, los AGPI se clasifican a su vez en las llamadas familias o series de ácidos grasos. Las tres familias más importantes son la omega-9, omega-6 y omega-3. La denominación omega deriva de la última letra del alfabeto griego, denotando que la enumeración de los ácidos grasos se realiza desde el carbono extremo terminal metilo de la molécula ( $\text{C}_{18:1}$ , n-9) (Valenzuela y Sanhueza, 2009).

Los omega-3 y omega-6 son ácidos grasos poliinsaturados en los que el primer doble enlace está situado junto al tercer átomo de carbono (omega-3) o junto al sexto átomo de carbono (omega-6), contando desde el metilo terminal de la cadena (Valenzuela y Sanhueza, 2009).

La carne producida en sistemas extensivos en pastoreo, cuenta con un mayor contenido de ácidos grasos omega-3 y una relación más favorable entre los ácidos grasos omega-3 y omega-6, que la proveniente de sistemas intensivos con dietas basadas en granos.

#### 4.6.7. Plantas

También hay compuestos secundarios de plantas (CSP) con gran importancia en la prevención y tratamiento de la enfermedad de animales, las cuales mejoran la nutrición animal, la salud y el bienestar de estos. Los CSP tienen propiedades antihelmínticas y antioxidantes, que actualmente se están estudiando como un medio para reducir los impactos negativos de los radicales libres oxidantes en el cuerpo de los animales. Entre estos compuestos secundarios están los taninos, saponinas y aceites esenciales de algunas plantas (Lisonbee *et al.*, 2009; Villalba *et al.*, 2011).

El orégano (*Lippia graveolens*) el xoconostle (*Opuntia joconostle*), ajo (*Allium sativum* L), cebolla (*Allium fistulosum*), clavo Eugenia (*Caryophyllata* Thumb), canela (*Cinnamomum zeylanicum*), amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*), cúrcuma, etc., se consumen en diversos platillos, estos ingredientes alimenticios contienen compuestos bioactivos ayudan en la prevención y tratamiento de un amplio espectro de patologías (Arcilla *et al.*, 2004).

## 4.7. Nutracéuticos usados en producción animal

El conocimiento sobre los nutracéuticos puede contribuir a prevenir y controlar algunas enfermedades de los animales, evitando el uso de productos químicos (como vacunas, desparasitantes, antibióticos, etc.) que cada vez son más prohibidos para los sistemas de producción.

### 4.7.1. Bovinos

Los nutracéuticos en los bovinos (Cuadro 1), se han utilizado ampliamente en cualquier estadio fisiológico del animal, pero principalmente en los pre-rumiantes se han usado probióticos como las levaduras vivas (*L. acidophilus* 15 o *S. cerevisiae* NCDC49), bacterias, para incrementar el número los microorganismo beneficios de rumen y de esta forma aprovechar los nutrientes de los alimentos, también se usan estos probióticos para el tratamiento, reducción de la incidencia, o gravedad de diarreas en estos animales, de esta forma disminuyendo el uso de antibióticos profilácticos (Agrawal *et al.* 2002; Newbold, 2003; Von-Buenau *et al.*, 2005; Galvao *et al.*, 2005; Adams *et al.*, 2008). En la producción de becerros en crecimiento, el uso de probióticos como *Saccharomyces cerevisiae*, tienen un efecto similar a los promotores de crecimiento, por lo cual esto es una alternativa viable en la producción (Flores, 2008). Los nutrientes tales como proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas, minerales, y el calostro de bovinos usados como nutracéutico desempeña un papel importante en la salud en las primeras s emanas de vida de los becerros como un estimulante inmunológico (Pandey *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Nutracéuticos usados comúnmente en bovinos.

Nutracéutico	Tipo de animal	Resultados	Autor(es)
Probióticos (levaduras).	Pre-rumiantes.	Incrementó el número de bacterias ruminales, reduciendo la incidencia y gravedad de diarreas.	Newbold, 2003
Bacterias viables de <i>E. coli</i> .	Pre-rumiantes.	Efectivo en la profilaxis y el tratamiento de diarrea.	Von-Buenau <i>et al.</i> , 2005
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	Becerros neonatos y	Sirven como promotores de crecimiento y para el	Flores, 2008

	en crecimiento.	tratamiento para diarreas.	
Calostro.	Pre-rumiantes.	Importante en la salud post-natal como un estimulante inmunológico, estimulando el desarrollo del recién nacido.	Pandey <i>et al.</i> , 2011
Leche fermentada y bacterias (ácido láctico, o <i>L. acidophilus</i> 15 o <i>S. cerevisiae</i> NCDC49).	Terneros.	Reduce la incidencia de diarreas.	Agrawal <i>et al.</i> , 2002; Galvao <i>et al.</i> , 2005
Probióticos ( <i>Lactobacillus</i> spp. de origen bovino).	Terneros.	Reduce la mortalidad, incidencia de diarrea y el recuento de coliformes fecales.	Timmerman <i>et al.</i> , 2005
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> y <i>Lactobacillus acidophilus</i> Probióticos.	Terneros en pastoreo . Novillos.	Incrementa el peso vivo y la ganancia diaria de peso. Estimula el crecimiento de microorganismos benéficos en el rumen. Estabiliza y mejora la digestión en los novillos.	Soca <i>et al.</i> , 2011 Galvao <i>et al.</i> , 2005; Adams <i>et al.</i> , 2008
<i>Saccharomyces</i> spp.	Vacas lecheras.	Mejora la producción de leche al aumento de la celulólisis ruminal y del flujo de proteína microbiana al intestino.	Van-Vuuren, 2003
Levadura <i>S. cerevisiae</i> .	Vacas lecheras.	Mejora la condición del rumen, con efecto positivo en la producción de leche y grasa.	Rivas <i>et al.</i> , 2008
Subproducto de manzana (manzarina).	Vacas lecheras.	Como antioxidante, disminuyen el alto número de células somáticas de la leche durante el estrés producido por la mastitis en vacas en producción.	Gallegos 2007; Muela <i>et al.</i> , 2010
Taninos condensados.	Bovinos de carne.	Cómo antioxidantes, mejoran la composición en la grasa y minerales de la carne, alargando la vida de anaquel.	Davies y Méndez, 2006
Ensilaje de maíz enriquecido con probióticos ( <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>L. helveticus</i> , <i>L. delbrueckii</i> , <i>Lactococcus lactis</i> <i>L. cremoris</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Bifidus essensis</i> y <i>Sacharomyces cerevisiae</i> .	Bovinos de engorda.	Incrementa la ganancia de peso en bovinos de engorda mejorando el proceso de fermentación ruminal e incrementando la producción de proteína microbiana.	Galina <i>et al.</i> , 2009
Plantas y bacterias ( <i>Bacillus thuringiensis</i> ).	Bovinos.	Control en nematodos gastrointestinales de bovinos, <i>B. thuringiensis</i> produce cristales proteicos con actividad citotóxica en contra de insectos y nematodos, reduciendo de	Pineda <i>et al.</i> , 2012

En los terneros jóvenes, la incorporación de levaduras (*Lactobacillus* spp; *Lactobacillus rhamnosus* y *Lactobacillus acidophilus*) en el grano, reduce el número de días con diarrea, redujo la mortalidad y el recuento de coliformes fecales además se incrementa el peso vivo y la ganancia diaria (Galvao *et al.*, 2005; Timmerman *et al.*, 2005; Soca *et al.*, 2011).

En el caso de vacas lecheras las levaduras (*Saccharomyces* spp. *S. cerevisiae*) son sin duda uno de los probióticos más utilizados en alimentación ya que hay mejores respuesta como mayor producción y mejor calidad de leche y grasa (Van-Vuuren, 2003; Rivas *et al.*, 2008). Los antioxidantes que contiene la manzarina un subproducto de la manzana como nutracéutico disminuyen el alto número de células somáticas de la leche durante el estrés producido por la mastitis en vacas en producción (Gallegos 2007; Muela *et al.*, 2010).

En bovinos de carne los antioxidantes tienen efectos positivos como es el caso de usar los taninos condensados de algunas plantas que mejoran la composición en la grasa y minerales de la carne, alargando la vida de anaquel de esta (Davies y Méndez, 2006). Según Galina *et al.*, (2009) ofrecer ensilaje de maíz enriquecido con probióticos (*Lactobacillus plantarum*, *L. helveticus*, *L. delbrueckii*, *Lactococcus lactis* *L. cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Bifidus essensis* y *Sacharomyces cerevisiae*) con o sin suplemento nitrogenado de lento consumo, incrementa la ganancia de peso en bovinos de engorda mejorando el proceso de fermentación ruminal e incrementando la producción de proteína microbiana.

Los nutracéuticos también se emplean en el tratamiento contra nematodos de bovinos, el uso de plantas o bacterias como *Bacillus thuringiensis* disminuyen el número y controlan el desarrollo de nematodos gastrointestinales que afectan a los animales (Pineda *et al.*, 2012).

#### 4.7.2. Ovinos

Algunos de los nutraceuticos que tienen beneficios en ovinos son los constituyentes fitoquímicos y en particular de los polifenoles (fenoles, flavonoides, carotenoides, tocoferoles, ácidos grasos insaturados como ácido alfa-linolénico y minerales) de ciertas plantas, también la vitamina E y el selenio como antioxidantes (cuadro 2).

Cuadro 2. Nutraceuticos usados comúnmente en ovinos.

Nutraceutico	Tipo de animal	Resultados	Autor(es)
Antioxidantes (hojas de malva).	Ovinos.	Tienen propiedades antioxidantes, incluyendo actividad en radicales libres. Una forma de dar estabilidad al color y la grasa en la canal de los animales.	García <i>et al.</i> , 2006
Antioxidantes (vitamina E y el selenio).	Cordero.	Incrementan la vida útil de envasado en atmósfera modificada de carne fresca, manteniendo el color y la oxidación de lípidos de esta en un nivel adecuado.	Ripoll y Muños ,2011
Semillas, hojas y vainas de leguminosas ( <i>Atriplex spp</i> , <i>Galium verum</i> , <i>Cichorium intybus</i> y <i>Chrisantemum coronarium</i> ).	Ovino.	Mejora la calidad de la carne (color claro y brillante) y aumentó la producción y proteína de la leche, debido a que los taninos condensados protegen a las proteínas de la degradación ruminal.	Vasta <i>et al.</i> , 2008
Compuestos secundarios como Taninos condesados, flavonoides y lectonas de; <i>Lotus uliginosus</i> , <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Onobrychis viciifolia</i> , <i>Schinopsis spp</i> .	Ovinos en pastoreo.	Propiedades antihelmíntica: reduce el nivel de excreción de huevos de nematodos, además la disminución en el recuento de huevos fecales de nematodos de <i>Trichostrongylus colubriformis</i> , <i>Haemonchus contortus</i> , <i>Oesophagostomum columbianum</i> , <i>Cooperia sp.</i> , <i>Strongyloides papillosus</i> , <i>Trichuris globulosa</i> y <i>Moniezia expansa</i> .	Maderos <i>et al.</i> , 2012; Hoste <i>et al.</i> , 2012; Moreno-Gonzalo <i>et al.</i> , 2012; Cenci <i>et al.</i> , 2007

Las semillas, vainas de leguminosas y hojas de plantas (*Atriplex spp*, *Galium verum*, *Cichorium intybus* y *Chrysanthemum coronarium*, entre otras), tienen propiedades antioxidantes, incluyendo actividad en radicales libres. Así los antioxidantes que se incluyen en las dietas de estos animales le dan estabilidad al color (claro y brillante) y la grasa en la canal, también aumenta la producción y proteína de la leche. Además alarga la vida útil de envasado en atmósfera modificada de carne de cordero fresca, manteniendo el color y la oxidación de lípidos de la carne en un nivel adecuado hasta 11 días (García *et al.*, 2006; Vasta *et al.*, 2008; Ripoll y Muños, 2011).

También se usan nutraceuticos para el tratamiento y/o prevención, control de nematodos gastrointestinales como: *Trichostrongylus colubriformis*, *Haemonchus contortus*, *Oesophagostomum columbianum*, *Cooperia sp.*, *Strongyloides papillosus*, *Trichuris globulosa* y *Moniezia expansa*, en ovinos en condiciones de pastoreo, entre estos están los compuestos secundarios y productos de forrajes o plantas que contienen compuestos bioactivos (taninos condensados, flavonoides, lactonas sesquiterpénicas). Entre algunas plantas se encuentran *Acacia mearnsii*, *Anacardium humile*, *Lotus uliginosus*, *Hedysarum coronarium*, *Onobrychis viciifolia*, *Schinopsis spp.*, *Cocos nucifera* L., *Lysiloma latisiliquum*. La suplementación con estas plantas forrajeras a ovinos en pastoreo reduce el nivel de eclosión (90%) excreción de huevos de nematodos, la disminución en el recuento de huevos fecales de nematodos lo cual está asociado con una disminución de la fertilidad causada por estos compuestos fotoquímicos (Cenci *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2009; Martínez de Montellano *et al.*, 2010; Nery *et al.*, 2010; Hoste *et al.*, 2012; Maderos *et al.*, 2012; Moreno-Gonzalo *et al.*, 2012).

#### 4.7.3. Cabras

En cabras también se han usado los nutraceuticos tal es el caso del uso de probióticos como promotores de crecimiento. En dietas para cabras se ha suplementado con levadura (*S. cerevisiae* *Lactobacillus plantarum* PCA 236), esto reduce



considerablemente la acidosis en los animales (cuadro 3). Teniendo el mismo efecto que en los bovinos, las levaduras estimulan de forma selectiva el crecimiento de las poblaciones de bacterias consumidoras de lactato (*Megaspharera elsdenii* y *Selenomonas ruminantium*) lo que reduce la presencia de ácido láctico, evitando así caídas muy pronunciadas en el pH ruminal, lo que disminuye la incidencia de acidosis. Así también los probióticos modula la microflora intestinal benéfica del sistema gastrointestinal de la cabra y de la composición de los ácidos grasos poliinsaturados de la leche (Desnoyers *et al.*, 2009; Maragkoudakis *et al.*, 2010).

Cuadro 3. Nutracéuticos usados comúnmente en cabras

<b>Nutracéutico</b>	<b>Tipo de animal</b>	<b>Resultados</b>	<b>Autor(es)</b>
Levadura ( <i>S. cerevisiae</i> ).	Cabras.	Redujo considerablemente la acidosis en los animales.	Desnoyers <i>et al.</i> , 2009
<i>Lactobacillus plantarum</i> (PCA 236).	Cabras.	Modula la microflora benéfica del sistema gastrointestinal y de la composición de los ácidos grasos poliinsaturados de la leche.	Maragkoudakis <i>et al.</i> , 2010
Extracto de <i>Agave sisalana</i> Perr.	Cabras.	Los extractos tiene baja eficiencia en los nematodos ( <i>Oesophagostomum columbianum</i> y <i>Trichostrongylus colubriformis</i> ) en los diferentes estadios parasitarios y es moderadamente eficaz contra los huevos de estos nematodos.	Botura <i>et al.</i> , 2011
Aceite esencial de <i>Eucalypto staigeriana</i> .	Cabras.	Disminuyó el desarrollo y la eclosión de las larvas de <i>Haemonchus contortus</i> .	Macedo <i>et al.</i> , 2010
Hojas de <i>Phytolacca icosandra</i> .	Cabras.	Disminuyó el número de nematodos en un 72% de <i>Haemonchus contortu</i> .	Hernández-Villegas <i>et al.</i> , 2012
Antioxidante (brócoli).	Cabras.	Disminuyen los radicales libres de la carne, reduce significativamente la peroxidación de lípidos mejorando así la calidad y la estabilidad de la carne.	Banerjee <i>et al.</i> , 2012

También se han usado los nutraceuticos como antihelminticos, se utilizó extracto acuoso de *Agave sisalana* Perr. y de aceite esencial de *Eucalipto staigeriana* en nematodos gastrointestinales (*Oesophagostomum columbianum* y *Trichostrongylus colubriformis*, *Haemonchus contortus*). El extracto y el aceite tienen baja eficiencia (76.5 %) en los nematodos en los diferentes estadios parasitarios siendo moderadamente eficaz contra desarrollo y la eclosión de los huevos de estos nematodos de (Macedo *et al.*, 2010; Botura *et al.*, 2011; Hernández-Villegas *et al.*, 2012).

El efecto antioxidante del brócoli en carne de cabra, disminuye los radicales libres, es decir, el efecto del brócoli es que reduce significativamente la peroxidación de lípidos mejorando así la calidad y la estabilidad de la carne de cabra (Banerjee *et al.*, 2012).

#### 4.7.4. Cerdos

En cerdos también ha sido ampliamente usado algunos nutraceuticos principalmente probióticos (*S. cerevisiae*<sup>47</sup>, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus reuferill*, *L. lactis*, *L. acidophilus*, *L. casei*, *Pediococcus acidilacti*, *Streptococcus termophilus*, *S. faecium*, *Kluyveromices fragilis*) en la nutrición como promotores naturales del crecimiento, aditivos naturales, con el fin de mejorar el equilibrio ecológico de la población microbiana existente en el tubo gastrointestinal, también mejorar la resistencia de los animales al ser sometidos a estrés, disminuir la incidencia de diarreas en lechones hasta un 47.6%, mejorar ganancia de peso, disminuir mortalidad (cuadro 4). Los probióticos disminuyen el número de bacterias coliformes patógenas en el tubo gastrointestinal, debido al crecimiento competitivo que realizan con bacterias coliformes y a la producción de sustancias con propiedades bactericidas (Quintero y Huerta, 1996; García *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2007; Martínez, 2000; Castillo *et al.*, 2009).

Cuadro 4. Nutracéuticos usados comúnmente en cerdos

Nutracéuticos	Tipo de animal	Resultados	Autor(es)
Probióticos.	Cerdos en crecimiento.	Mejora el equilibrio ecológico de la población microbiana existente en el tubo gastrointestinal, además sirven como promotores naturales del crecimiento, con lo que aumentan la producción y mejoran el estado general del animal.	Quintero y Huerta, 1996
Cepa <i>S. cerevisiae</i> <sup>47</sup> .	Cerdos	Aumenta la resistencia de los animales al ser sometidos a estrés y de enfermedades respiratorias y digestivas.	Martínez, 2000
<i>Lactobacillus acidophilus</i> .	Cerdos lactantes	Disminuye la incidencia de diarrea, la mortalidad y aumenta la ganancia diaria de peso.	García <i>et al.</i> , 2007
Probióticos ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 12 x 10 <sup>9</sup> CFU g <sup>-1</sup> , <i>Bacillus subtilis</i> 15 x10 <sup>10</sup> CFU g <sup>-1</sup> y <i>Bacillus coagulans</i> 15 x 10 <sup>10</sup> CFU g <sup>-1</sup> ).	Cerdas en gestación y Lechones	Efectos benéficos en la nutrición de las cerdas sobre los parámetros productivos de lechones; aumento el peso al nacimiento y disminuye la mortalidad.	Lázaro <i>et al.</i> , 2005
Probióticos ( <i>Lactobacillus reuteri</i> , <i>L. lactis</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>Pediococcus acidilacti</i> , <i>Streptococcus termophilus</i> y <i>S. faecium</i> , <i>Bacillus subtilis</i> y <i>Saccharomyces boulardii</i> ).	Lechones lactantes	Buenas ganancias de peso al destete, al disminuir la incidencia de diarreas. incrementando la digestibilidad.	Silva <i>et al.</i> , 2007; Castillo <i>et al.</i> , 2009; Giangn <i>et al.</i> , 2012
Antioxidante (vitamina E).	Cerdos de engorda	Mejora el color de la carne y reduce la oxidación lipídica en carne por lo cual la vida de anaquel de este producto es mayor.	Chan <i>et al.</i> , 1996
Antioxidantes (pastos de <i>Brassicaceae</i> , <i>Geraniaceae</i> , <i>Gramineae</i> y bellotas de <i>Quercus rotundifolia</i> Lam).	Cerdos	Beneficios en la composición y la calidad de la carne y de los productos cárnicos del cerdo.	Tejerina <i>et al.</i> , 2011; 2012

Los nutracéuticos como probióticos tienen efectos benéficos en la nutrición de las cerdas sobre los parámetros productivos de lechones como lo demostraron Lázaro *et al.*, (2005), que al adicionar como aditivo probiótico *Saccharomyces cerevisiae*  $12 \times 10^9$  CFU  $g^{-1}$ , *Bacillus subtilis*  $15 \times 10^{10}$  CFU  $g^{-1}$  y *Bacillus coagulans*  $15 \times 10^{10}$  CFU  $g^{-1}$  en la dieta, se incrementó el peso de los lechones al nacimiento, además se redujo la mortalidad de los lechones relacionada a problemas gastroentéricos.

Giangn *et al.*, (2012) evaluaron en lechones destetados (26-28 días de edad) una dieta suplementada con un complejo de bacterias lácticas y levaduras (*Bacillus subtilis* y *Saccharomyces boulardii*), encontraron que el crecimiento, la digestibilidad, el medio ambiente y el estado de salud intestinal se incrementa.

Como antioxidante el uso de vitamina E, en la dieta no en cerdos mejora el color de la carne y reduce la oxidación lipídica en carne por lo cual la vida de anaquel de este producto es mayor (Chan *et al.*, 1996). Tejerina *et al.*, (2011; 2012) demostraron que pastos como (*Brassicaceae*, *Geraniaceae* y *Gramineae*) y bellotas (*Quercus rotundifolia* Lam.) tienen una alta capacidad antioxidante y ácidos grasos saludables para la nutrición y alimentación de cerdos ibéricos. Así, las bellotas contienen elevados niveles de  $\gamma$ -tocoferol, compuestos fenólicos totales (principalmente taninos) y alto contenido de ácidos grasos polinsaturados omega 9. En pastos, existe una mayor proporción de  $\alpha$ -tocoferol, compuestos fenólicos totales y ácidos grasos polinsaturados omega 3.

#### 4.7.5. Aves de corral

En aves los nutracéuticos usados han sido muchos algunos que se utilizan son; sorgo, soya con y sin aflatoxinas más levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) mejoran el crecimiento y se incrementa la respuesta inmune (celular y humoral) en pollos de engorda (cuadro 5). También se han usado *Agaricus bisporus*, *Agaricus bisporus* que actúan benéficamente en la morfología intestinal y la composición de la microflora

intestinal de y el estado antioxidante de pollos de engorda y pavos, mejorando su productividad. (Verduzco *et al.*, 2009; Giannenas *et al.*, 2010; Giannenas *et al.*, 2011).

Cuadro 5. Nutracéuticos usados comúnmente en aves.

Nutracéutico	Tipo de animal	Resultados	Autor(es)
Levaduras ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).	Pollos de engorda	Mejoran el crecimiento y se incrementa la respuesta inmune (celular y humoral).	Verduzco <i>et al.</i> , 2009
Setas <i>Agaricus bisporus</i>	Pollos de engorda	Beneficia la morfología intestinal y la composición de la microflora intestinal.	Giannenas <i>et al.</i> , 2010
Probióticos (oligosacáridos y dextrano (Meito Healthy Friend®)	Pollos de engorda	Redujo la presencia de <i>Salmonella</i> en el tubo digestivo.	Ruelas y Omedo, 1999
Probióticos ( <i>Bacillus toyoi</i> 1010	Pollos de engorda	Tiene un efecto promotor del crecimiento, además de disminuir la mortalidad por síndrome ascítico.	Cuevas <i>et al.</i> , 2000
Probióticos del <i>Lactobacillus spp</i>	Gallinas ponedoras	Aumento significativo del peso vivo promedio de las pollitas a los siete y 42 días del 7.77 % y una mejora del 14.4 % en la conversión alimenticia, además la mortalidad total se redujo en 2.1%.	Reyes <i>et al.</i> , 2005
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Lactobacillus reuteri</i> , <i>Lactobacillus johnsonii</i> y <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Pollos de engorda	Afecta positivamente el nivel de la longitud de las vellosidades intestinales, sobre todo a nivel del duodeno, con un aumento del 39.7% (315.65 $\mu$ m), incrementado los parámetros productivos (ganancia de peso y conversión alimenticia).	Leone <i>et al.</i> , 2003; Oliveira <i>et al.</i> , 2009
Probióticos basados en <i>Bacillus sp.</i> y sus endosporas	Pollos de engorda	Mejoran el balance microbiano del aparato digestivo, se inhibe el crecimiento de bacterias dañinas y se estimula la producción de enzimas hidrolíticas. Asimismo, se incrementa el contenido de bacterias ácido láctico en el tubo digestivo, favoreciendo la acidez del intestino, mejorando el rendimiento productivo de las aves.	Milián <i>et al.</i> , 2008
Probióticos (levadura de cerveza, <i>Saccharomyces</i>	Pollos de engorda	Mayor ganancia de peso, mejor conversión alimenticia y mayor	Peralta <i>et al.</i> , 2008

<i>cerevisiae</i>		calidad de la canal.	
Probióticos <i>Lactobacillus</i>	Pollos de iniciación y de engorda	Protegen la mucosa intestinal de forma natural contra el crecimiento de otros microorganismos, especialmente de aquellos que son dañinos o indeseables.	Rondon <i>et al.</i> , 2009
Probióticos Biomin® Poultry 5 Star ( <i>Enterococcus faecium</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i> , <i>Bifidobacterium animalis</i> , <i>Lactobacillus salivarius</i> y <i>Lactobacillus reuteri</i> ).	Pollos de engorda	Promotores de crecimiento, mayor ganancia de peso, conversión alimenticia, reducción en la mortalidad	Osorio <i>et al.</i> , 2010.
Probióticos ( <i>Enterococcus faecium</i> , <i>Bifidobacterium animalis</i> , <i>Lactobacillus reuteri</i> y <i>Bacillus subtilis</i> )	Pollos	Redujo el impacto de los parásitos, al ejercer un efecto coccidiostático contra <i>Eimeria tenella</i> , ya que ayudan a mantener la salud intestinal y minimizan el riesgo y la propagación de coccidiosis.	Giannenas <i>et al.</i> , 2012
Antioxidante (la vitamina E)		Mejor calidad de la carne. La vitamina E reduce la pérdida por goteo e inhibe el desarrollo de las condiciones de la carne pálida, suave y exudativa inducida por el estrés calórico.	Olivo <i>et al.</i> , 2001
Plantas ( <i>Origanum vulgare</i> y <i>Piper auritum</i> ), ( <i>O. vulgare</i> y <i>Ocimum basilicum</i> ), ( <i>O. basilicum</i> y <i>P. auritum</i> ).	Pollos de engorda	Beneficios sobre el comportamiento productivo y el rendimiento de la canal.	Isabel y Santos (2009), y Lara <i>et al.</i> (2010)
Hojas de <i>Acacia angustissima</i> .	Pollos de engorda.	Crecimiento normal de las aves.	Nscube <i>et al.</i> , 2012
Harina o polvo de ajo ( <i>Allium sativum</i> ).	Gallinas de postura	Mejor producción de huevo.	Según Kaya y Macit (2012)
Mezcla de aceites esenciales derivados de orégano ( <i>Origanum vulgare</i> L.), clavo ( <i>Syzygium aromaticum</i> ) y anís ( <i>Pimpinella anisum</i> L.),	Pollos de engorda	Es benéfico ya que se incrementa el peso corporal, el índice de conversión alimenticia, por lo que esta mezcla puede considerarse como un promotor de crecimiento natural para las aves de corral.	Ertas <i>et al.</i> , 2005).

Ruelas y Omedo, (1999) evaluaron una combinación de nutraceutico (oligosacáridos y dextrano Meito Healthy Friend®) para el control de *Salmonella* en pollos de engorda. Se encontró que el empleo de este probiótico redujo la presencia de *Salmonella* en el tubo digestivo de pollos de engorda en un ambiente tropical, expuestos a este riesgo, sin modificar la productividad (ganancia de peso principalmente) de las aves.

Se ha usado también probióticos (*Bacillus toyoi* 1010 esporas g-1, *Lactobacillus spp*) como nutraceuticos en gallinas ponedoras, pollos de engorda teniendo un efecto positivo el comportamiento productivo (mejor conversión alimenticia, mayor ganancia de peso), además de disminuir la mortalidad (Reyes *et al.*, 2005; Cuevas *et al.*, 2000).

El uso de cultivos de *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus johnsonii* y *Saccharomyces cerevisiae* en la ración de pollos de engorda, afecta positivamente el nivel de la longitud de las vellosidades intestinales, sobre todo a nivel del duodeno, con un aumento del 39.7% (315.65 um), incrementado los parámetros productivos (ganancia de peso y conversión alimenticia) principalmente. También se ha demostrado en pollos de engorda que la producción de ácidos grasos de cadena corta debido a la suplementación con mananoligosacáridos, aumenta la proliferación de la mucosa intestinal de estos animales con un efecto benéfico coccidiostático. (Leone *et al.*, 2003; Peralta *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2009).

Para mejorar la utilización de los alimentos por parte de las aves se han empleado probióticos basados en *Bacillus sp.* y sus endosporas que mejoran el balance microbiano del aparato digestivo, se inhibe el crecimiento de bacterias dañinas y se estimula la producción de enzimas hidrolíticas. Asimismo, se incrementa el contenido de bacterias ácido lácticas en el tubo digestivo, favoreciendo la acidez del intestino, mejorando el rendimiento productivo de las aves (Milián *et al.*, 2008).

La importancia del uso de probióticos *Lactobacillus* desde las primeras horas del nacimiento de las aves radica en que estas bacterias colonizan la mucosa intestinal y la protegen de forma natural contra el crecimiento de otros microorganismos, especialmente de aquellos que son dañinos o indeseables (*Staphylococcus aureus*,

*Escherichia coli*, *Listeria innocua*, *Pseudomonas aeruginosa*. *Salmonella enteritidis*, *S. typhimurium* y *Listeria monocytogenes*) (Rondon *et al.*, 2009).

Los probióticos son tan eficaces como los antibióticos como promotores de crecimiento, esto representa una buena alternativa para la nutrición de aves como lo demostraron Osorio *et al.*, (2010). Estos autores encontraron que pollos de engorda suplementados con un probiótico Biomin® Poultry 5 Star (*Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici*, *Bifidobacterium animalis*, *Lactobacillus salivarius* y *Lactobacillus reuteri*) versus un antibiótico (Zinc Bacitracina). En seis semanas de crianza no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para peso corporal (2893.3, 2871.5 g ave<sup>-1</sup>), ganancia de peso (68.89, 68.34 g ave<sup>-1</sup>), conversión alimenticia (1.780, 1.750), porcentaje de mortalidad (94.6, 92.8 %) e índice de eficiencia productiva (366.12, 362.39).

En un estudio realizado por Giannenas *et al.*, (2012), al agregar probióticos (*Enterococcus faecium*, *Bifidobacterium animalis*, *Lactobacillus reuteri* y *Bacillus subtilis*) en el alimento de pollos, se redujo el impacto de los parásitos, al ejercer un efecto coccidiostático contra *Eimeria tenella*, ya que ayudan a mantener la salud intestinal y minimizan el riesgo y la propagación de coccidiosis.

En aves de corral también se utiliza la vitamina E en la dieta como antioxidante, para tener una mejor calidad de la carne. La vitamina E reduce la pérdida por goteo e inhibe el desarrollo de las condiciones de la carne pálida, suave y exudativa inducida por el estrés calórico (Olivo *et al.*, 2001).

Isabel y Santos (2009), y Lara *et al.*, (2010), al utilizar una combinación de hojas de plantas aromáticas (en forma de harinas; (*Origanum vulgare* y *Piper auritum*), (*O. vulgare* y *Ocimum basilicum*), (*O. basilicum* y *P. auritum*) como aditivo fitoterapéutico al 0.07% en la dieta, encontraron beneficios sobre el comportamiento productivo y el rendimiento de la canal en pollos de engorda.

También se ha utilizado la harina de hojas de *Acacia angustissima* (contiene niveles altos de proteína) como fuente de alimentación suplementaria en dietas para pollos de



engorda en finalización. El nivel máximo de inclusión de *A. angustissima* en las dietas de pollos fue de 15% de harina de hoja, sin embargo 5% de harina de hoja fue la tasa de inclusión óptima para el crecimiento normal en pollos en finalización (Nscube *et al.*, 2012).

Según Kaya y Macit, (2012) se puede utilizar hasta un 6% de harina o polvo de ajo (*Allium sativum*) y cobre en dietas para gallinas sin afectar el rendimiento, la calidad del huevo y el contenido de colesterol en la yema.

Una mezcla de ajo (*Allium sativum* L.) y jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) redujo el colesterol total y lipoproteínas de baja densidad en pollos en crecimiento. Por tanto el consumo de los productos obtenidos de estos animales, disminuye el riesgo de acumulación de colesterol en el torrente sanguíneo de los humanos (Bamidele y Adejumo, 2012).

En pollos de engorda, el efecto de una mezcla de aceites esenciales derivados de orégano (*Origanum vulgare* L.), clavo (*Syzygium aromaticum*) y anís (*Pimpinella anisum* L.), es benéfico ya que se incrementa el peso corporal, el índice de conversión alimenticia, por lo que esta mezcla puede considerarse como un promotor de crecimiento natural para las aves de corral (Ertas *et al.*, 2005).

#### 4.7.6. Peces

El uso de probióticos como nutracéutico en la producción de peces es importante como lo demostraron Ramírez *et al.*, (2000) quienes mencionan que el uso de levaduras (*Debaryomyces hansenii* y *Saccharomyces cerevisiae*), aumenta el crecimiento y desarrollo del sistema digestivo en peces y esto asegura su sobrevivencia y adecuada actividad enzimática digestiva, incrementado su productividad (cuadro 6).

Cuadro 6. Nutraceúticos comúnmente usados en peces.

Nutraceúticos	Tipo de animal	Resultados	Autor(es)
Probióticos levaduras ( <i>Debaryomyces hansenii</i> y <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).	Peces	Aumenta el crecimiento y desarrollo del sistema digestivo en peces y esto asegura su sobrevivencia y adecuada actividad enzimática digestiva, incrementado su productividad.	Ramírez <i>et al.</i> (2000)
Probióticos <i>Bacillus subtilis</i>	Tilapia y langostino	Beneficios sobre el crecimiento en estanques o en cultivos masivos, además del efecto en el sistema digestivo y bactericida sobre bacterias exógenas de naturaleza patógena.	Günther y Montealegre 2004
Probióticos como <i>D hansenii</i>	Peces	Efectos benéficos sobre la adhesión a la mucosa intestinal, la producción de poliaminas (que promueven diversos procesos fisiológicos vitales en el hospedero como promover el crecimiento), y la habilidad de estimular el sistema inmune, la maduración digestiva, supervivencia y la calidad de las larvas.	Tovar <i>et al.</i> , 2002; Tovar <i>et al.</i> , 2004; Waché <i>et al.</i> , 2006; Linares-Aranda, 2007; Guzmán <i>et al.</i> , 2007; Reyes <i>et al.</i> , 2008
Probióticos ( <i>Bacillus</i> sp)	Peces	Estimular el desempeño productivo.	Yanbo y Zirong, 2006.
Prebióticos ( <i>Lactobacillus</i> , <i>Lactococcus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Carnobacterium</i> , <i>Shewanella</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Aeromonas</i> , <i>Vibrio</i> , <i>Enterobacter</i> , especies de <i>Pseudomonas</i> , <i>Clostridium</i> , y <i>Saccharomyces</i> )	Peces	Son benéficos en peces en cuanto a la respuesta productiva y resistencia a enfermedades, entre los beneficios de salud atribuidos a los probióticos está la modulación del sistema inmune intestinal del pez, al incrementar el número de inmunoglobulinas y granulocitos acidófilos.	Nayak, 2010

Günther y Montealegre, (2004) confirmaron el efecto benéfico de los probióticos, al evaluar *Bacillus subtilis* en el crecimiento de juveniles de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) y de langostino de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*). Mencionan los beneficios encontrados al usarlos, que son principalmente sobre el crecimiento en estanques o en cultivos masivos, además del efecto en el sistema digestivo y bactericida sobre bacterias exógenas de naturaleza patógena.

Probióticos cómo *D. hansenii* tienen un gran potencial para la producción y cultivo de peces juveniles de distintas especies (*D. labrax*, *O. mykiss*, *M. rosácea*, *S. aurata* y *P. maculatofasciatus*), ya que tienen efectos benéficos sobre la adhesión a la mucosa intestinal, la producción de poliaminas (que promueven diversos procesos fisiológicos vitales en el hospedero como promover el crecimiento), y la habilidad de estimular el sistema inmune, la maduración digestiva, supervivencia y la calidad de las larvas (Tovar *et al.*, 2002; Tovar *et al.*, 2004; Waché *et al.*, 2006; Linares-Aranda, 2007; Guzmán *et al.*, 2007; Reyes *et al.*, 2008).

La adición de probióticos en las dietas de carpa mejora el crecimiento, la utilización de los alimentos y la actividad de las enzimas digestivas. Las diferentes cepas de bacterias utilizadas como probióticos (*Bacillus sp*) son eficaces en el rendimiento de los peces. Yanbo y Zirong, (2006) indican que el uso de 2 g kg<sup>-1</sup> de suplemento de probióticos (*Bacillus sp*) en la dieta de la carpa común se recomienda para estimular el desempeño productivo

En los últimos años los probióticos se han convertido en una parte integral de la acuicultura para obtener una alta producción. Los probióticos más comunes que se utilizan para las prácticas de acuicultura son *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Carnobacterium*, *Shewanella*, *Bacillus*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Enterobacter*, especies de *Pseudomonas*, *Clostridium*, y *Saccharomyces*. Se ha demostrado que los probióticos son benéficos en peces en cuanto a la respuesta productiva y resistencia a enfermedades, entre los beneficios de salud atribuidos a los probióticos está la modulación del sistema inmune intestinal del pez, al incrementar el número de inmunoglobulinas y granulocitos acidófilos (Nayak, 2010).

#### 4.7.7. Otras especies domésticas

Otro ejemplo del uso de nutraceúticos en otras especies es el uso de glucosamina para mejorar las condiciones artríticas de perros y gatos (cuadro 7, Griffiths *et al.*, 2007).

Cuadro 7. Nutracéuticos usados comúnmente en otras especies.

<b>Nutracéutico</b>	<b>Tipo de animal</b>	<b>Resultados</b>	<b>Autor(es)</b>
Glucosamina.	Perros y gatos.	Mejorar las condiciones artríticas.	Griffiths <i>et al.</i> , 2007
Sulfato de glucosamina y condroitina.	Caballos.	Sirven para mitigar el estrés inflamatorio.	Harlan <i>et al.</i> 2012
Levadura seca ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).	Potros.	Fuente de proteínas en dietas para potros de 12 meses de edad sin necesidad de suplementar con otras fuentes proteicas.	Winkler <i>et al.</i> , 2011
Aceite de girasol ( <i>Helianthus annuus</i> ).	Caballos.	Efectos benéficos en el proceso de curación de las heridas de la piel y de heridas lumbares, por lo que es una opción terapéutica en la curación de heridas.	Oliveira Jr <i>et al.</i> , 2012
Levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )	Conejos	Mejora las condiciones del sistema inmunológico digestivo de los conejos y de esta manera estimula la inmunidad y la defensa del huésped contra patógenos.	Fortun-Lamothe y Boullier, 2007
Taninos condensados (extraídos de la madera de castaño).	Conejos	Mejoró el crecimiento y la actividad antioxidante, bajo condiciones de temperatura ambiental elevada.	Liu <i>et al.</i> , 2011
Antioxidantes alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L).	Conejos	Incrementa la ganancia diaria de peso y se reduce el estrés oxidativo.	Liu <i>et al.</i> , 2010

En equinos, para tratar y prevenir la osteoartritis se ha usado sulfato de glucosamina y condroitina (GLN/CS) para mitigar el estrés inflamatorio. Harlan *et al*, (2012) encontraron que el GLN/CS es eficaz en la disminución a respuestas inflamatorias dañinas debido a la tensión mecánica y las citocinas en el cartílago de equino.

La levadura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) también se ha utilizado como única fuente de proteínas en dietas para potros de 12 meses de edad sin necesidad de suplementar con otras fuentes proteicas (Winkler *et al.*, 2011).

En forma experimental se ha utilizado la aplicación común de aceite de girasol (*Helianthus annuus*) en heridas inducidas en caballos, con efectos benéficos en el proceso de curación de las heridas de la piel y de heridas lumbares, por lo que es una opción terapéutica en la curación de heridas en equinos (Oliveira Jr *et al.*, 2012).

En conejos el uso de probióticos como la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) mejora el desarrollo, crecimiento y viabilidad de destete. *S. cerevisiae*, mejora las condiciones del sistema inmunológico digestivo de los conejos y de esta manera estimula la inmunidad y la defensa del huésped contra patógenos (Fortun-Lamothe y Boullier, 2007).

Según Yousef *et al*, (2004) una dosis de isoflavonas de soya (2.5 o 5.0 mg kg<sup>-1</sup> de peso corporal), tiene un efecto benéfico sobre los lípidos plasmáticos, las concentraciones de lipoproteínas y la actividad antioxidante en conejos.

También se han utilizado taninos condensados (extraídos de la madera de castaño) en conejos, mostrando efectos antioxidantes. Liu *et al*, (2011), encontraron que el incluir taninos en la dieta de conejos, mejoró el crecimiento y la actividad antioxidante, bajo condiciones de temperatura ambiental elevada (35 °C).

Los efectos benéficos de los antioxidantes de polisacáridos extraídos de la alfalfa (*Medicago sativa* L) al proporcionarlos a conejos Nueva Zelanda, ha sido estudiado por Liu *et al*, (2010) quienes demostraron que se incrementa la ganancia diaria de peso y se reduce el estrés oxidativo.

Los alimentos denominados nutracéuticos usados en la mayoría de los sistemas animales, mejoran su producción y salud, logrando así obtener productos de mayor calidad e inocuos para la población. De acuerdo con lo revisado no todos los nutracéuticos pueden tener el mismo efecto en cada una de las especies de animales que aquí se mencionan, ya que son diferentes fisiológicamente, las condiciones que se realizaron los trabajos variaban, además que los sistemas de producción animal pueden ser extensivos o intensivos. Por ello es importante tomar en cuenta cada uno y todos de los factores que se mencionan al momento de hacer uso de algún nutracéuticos en cualquier sistema de producción animal.

#### **4.12. LITERATURA CITADA**

- Adams, M.C., Luo, J., Rayward, D., King, S., Gibson, R., Moghaddam, G.H. 2008. Selection of a novel direct-fed microbial to enhance weight gain in intensively reared calves. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 145: 41-52.
- Agrawal, A.A., Conner, Y.K., Johnson, M.T.J., Wallsgrave, R. 2002. Ecological genetics of an induced plant defense against herbivores: additive genetic variance and costs of phenotypic plasticity. *The Society for the Study of Evolution.* 56: 2206-2213.
- Akiba, S., Matsugo, S., Packer, L., Konishi, T. 1998. Assay of protein-bound lipoic acid in tissues by a new enzymatic method. *Anal. Biochem.* 258: 299-304.
- Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M.R., Martínez, A.M. 2006. Probiotics for animal nutrition in the European Union. Regulation and safety assessment. *Regul. Toxicol. Pharm.* 45: 91-95.
- Andlauer, A. and FÜRst, P. 2002. Nutraceuticals: a piece of history, present status and outlook. *Food. Res. Int.* 35: 171-176.

- Arcilla, L.C., Loarca, G.P., Lecona, S.U., González de Mejía, E. 2004. El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. Arch Lat Nutr. 54.
- Bamidele, O. and Adejumo, I.O. 2012. Effect of Garlic (*Allium sativum* L.) and Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Mixtures on Performance Characteristics and Cholesterol Profile of Growing Pullets. Int. J. Poult. Sci. 11: 217-220.
- Banerjee, R., Verma, K.A., Das, K.A., Rajkumar, V., Shewalkar, A.A., Narkhede, H.P. 2012. Antioxidant effects of broccoli powder extract in goat meat nuggets. Meat. Sci. 91: 179-184.
- Birueta, G.A., Juárez, H., Sieiro, O.E., Romero, V.R., Silencio, B.L. 2009. Los nutraceuticos. Lo que es conveniente saber. Rev. Méx. Pediatría. 76: 136-145.
- Botura, B.M., Silva, D.G., Lima, G.H., Oliveira, A.V.J., Souza, S.T., Santos, G.D.J., Brnaco, A., Moreira, T.L.E., Almeida, O.A.M. Batatinha, M.J.M. 2011. *In vivo* anthelmintic activity of an aqueous extract from sisal waste (*Agave sisalana* Perr.) against gastrointestinal nematodes in goats. Vet Parasitol. 177: 104-110.
- Brambilla, G. and De Filippis, S. 2005. Trends in animal feed composition and the possible consequences on residue tests. Anal Chem. 529: 7-13.
- Breul, S. 1998. Les probiotiques en alimentation animale. Med. Chir. Dig. 27: 89-91.
- Castillo, C.JC., Cárdenas, M.A., Cepero, R.O., Silveira, P.E. 2009. Efectividad del probiótico Biopranal en la prevención del síndrome diarreico agudo en cerdos lactantes. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. ISSN: 1695-7504: 11. 1-7.
- Cenci, F.B., Louvandini, H., McManus, M.C., Dell'Porto, A., Costa, D.M., Araújo, C.S., Minho, P.A., Abdalla, L.A. 2007. Effects of condensed tannin from *Acacia mearnsii* on sheep infected naturally with gastrointestinal helminthes. Vet. Parasitol. 144: 132-137.

- Chan, W.K.M., Hakkarainen, K., Faustman, C., Schaefer, D.M., Scheller, K.K., Liu, Q. 1996. Dietary vitamin E effect on color stability and sensory assessment of spoilage in three beef muscles. *Meat. Sci.* 42: 387-399.
- Collins, J.K., Thornton, G., O'Sullivan, G.O. 1998. Selection of probiotic strains for human applications. *Int. Dairy. J.* 8: 487-490.
- Cuevas, C.A., González, A.E., Huguenin, C.MT., Domínguez, C.S. 2000. El efecto del *Bacillus toyoi* sobre el comportamiento productivo en pollos de engorda. *Vet. Méx.* 31: 301-308.
- Dabrowska, C.C. y Mir, S.M. 2009. Vitaminas y antioxidantes. Editorial Grupo Saned. Madrid, España. Pag. 11.
- Davies, P. y Méndez. D. 2006. Carne bovina: estrategias de alimentación y calidad de producto. Sitio Argentino de Producción Animal. 1-3. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
- DeFelice, S.L. 1989. FIM. Rationale and proposed guidelines for the nutraceutical research & education act -NREA, November 10.
- Delgado-Vargas, F., Jiménez, A.R., López, P.O. 2000. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains, characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 40: 173-289.
- Desnoyers, M., Giger-Reverdin, S., Sauvant, D., Bertin, G. Duvaux-Ponter, C. 2009. The influence of acidosis and live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on time-budget and feeding behaviour of dairy goats receiving two diets of differing concentrate proportion. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 121: 108-119.
- Dillar, C.J. and German, J.B. 2000. Phytochemicals: Nutraceuticals and human health. *J. Sci. Food. Agric.* 80: 1744-1756.



- Drisko J.A., Giles, C., Bischoff, B.J. 2003. Probiotics in health maintenance and disease prevention, *Alt. Med. Rev.* pp.1-20.
- Ertas, N.O., Güler, T., Çiftçi, M., Dalkılıç, B., Simsek, G. 2005. The Effect of an Essential Oil Mix Derived from Oregano, Clove and Anise on Broiler Performance. *Int. J. Poult. Sci.* 4: 879-884.
- Fernández, F.C., Febles, S.C., Bernabeu, S.A. y Triana, G.E.B. 2002. Funciones de la Vitamina E. Actualización. *Rev. Cubana. Estomatol.* 40: 28-32.
- Flores, V.S. 2008. Control de enteropatógenos sin antibióticos. *Vaybet realidad veterinaria, Vayer.* 36-38.
- Fortum-Lamonthe, L. and Boullier, S. 2007. A review on the interactions between gut microflora and digestive mucosal immunity. Possible ways to improve the health of rabbits. *Livest. Sci.* 107: 1-18.
- Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* 66: 365-378.
- Gaggia, F., Mattarelli, P. and Biavati, B. 2010. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *Int. J. Food. Microbiol.* 141: 15-28.
- Galina, M.A., Ortiz-Rubio, M.A., Mondragón, F., Delgado-Pertíñez, M. y Elías, A. 2009. Rendimiento de terneros alimentados con silo de maíz o láctico con un promotor de fermentación ruminal. *Arch. Zootec.* 58: 383-393.
- Gallegos, A.M.A. 2007. Conteo de células somáticas en leche, actividad antioxidante del plasma y componentes sanguíneos de vacas Holstein en producción alimentadas con manzanilla en la dieta. Tesis de Maestría. Facultad de zootecnia y ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
- Galvao, K.N., Santos, J.E., Coscioni, A., Villasenor, M., Sicho, W.M. and Berge. A.C. 2005. Effect of feeding live yeast products to calves with failure of passive transfer on performance and patterns of antibiotic resistance in fecal *Escherichia coli*. *Reprod. Nutr. Dev.* 45: 427-440.

- García, A., Moya, Y., García, H., Beldarían, T., Hernández, U. y Lorenzo, A. 2007. Uso de *Lactobacillus acidophilus* como cultivo probiótico en la dieta de cerdos jóvenes. Rev. Comp. Prod. Porc. 14: 241-244.
- García, D., Noda, Y., Medina, M., Martín, G. y Soca, M. 2006. La morera: una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico. Avances en la Investigación Agropecuaria. 10: 55-72.
- Garg, A., Garg, S., Zaneveld, L.J. and Singla, A.K. 2001. Chemistry and pharmacology of the citrus bioflavonoid hesperidin. Phytoth. Res. 15: 655-669.
- Giang, H.H., Viet, Q.T., Ogle, B. and Lindberg, JE. 2012. Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with a complex of lactic acid bacteria alone or in combination with *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces boulardii*. Livest. Sci. 143: 132-141.
- Giannenas, I., Skoufos, J., Giannakopoulos, C., Wiemann, M., Gortzi, O., Lalas, S., Kyriazakis, I. 2011. Effects of essential oils on milk production, milk composition, and rumen microbiota in Chios dairy ewes. J. Dairy Sci. 94: 5569-5577.
- Giannenas, I.; Papadopoulos, E.; Tsalie, E.; Triantafillou, E.I.; Henikl, S.K.; Teichmann, K. and Tontis, D. 2012. Assessment of dietary supplementation with probiotics on performance, intestinal morphology and microflora of chickens infected with *Eimeria tenella*. Vet Parasitol, 188: 31-40.
- Giannenas. I., Tontis, D., Tsalie, E., Chronis, E.F., Doukas, D., Kyriazakis, I. 2010. Influence of dietary mushroom *Agaricus bisporus* on intestinal morphology and microflora composition in broiler chickens. Res. Vet. Sci. 89: 78-84.
- Giannenas. I., Tsalie, E., Chronis, E.F., Mavridis, S., Tontis, D., Kyriazakis, I. 2011. Consumption of *Agaricus bisporus* mushroom affects the performance, intestinal microbiota composition and morphology, and antioxidant status of turkey poults. Anim. Feed. Sci. Tech. 165: 218-229.

- Griffiths, T., Reichel, M.P., Seewald, W. and Ketzis, J. 2007. The safety of a plant-based nutraceutical for behavior in cats and dogs. *Intern. J. Appl. Res. Vet. Med.* 5: 37-42.
- Günther, J. y Montealegre, J.R. 2004. Efecto del probiótico *Bacillus subtilis* sobre el crecimiento y alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y langostino (*Macrobrachium rosenbergii*) en laboratorio. *Rev biol Trop*, 52: 937-943.
- Guzmán, V.L., Tovar, R.D., Civera, C.R. 2007. Effects of wild and ornithine decarboxilase deficient *Debaryomyces hansenii*, on *Palabrax maculatofasciatus* larvae development. Caribbean and Latin American Aquaculture. San Juan Puerto Rico, 6-9. Noviembre.
- Hanamura, T., Hagiwara, T., Kawagishi, H. 2005. Structural and functional characterization of polyphenols isolated from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit. *Biosci. Biotech. Bioch.* 69: 280-286.
- Harlan, R.S., Haut, R.C., Orth, M.V. 2012. The Effect of Glucosamine and Chondroitin on Stressed Equine Cartilage Explants. *J. Equine. Vet. Sci.* 32: 12-14.
- Heneman, K.M., Chang, H.C., Prior, R.L., Steinberg, F.M. 2007. Soy protein with and without isoflavones fails to substantially increase postprandial antioxidant capacity. *J. Nutr. Biochem.* 18: 46-53.
- Hernández-Villegas, M.M., Borges-Argáez, R., Rodríguez-Vivas, R.I., Torres-Acosta, J.F.J., Méndez-González, M., Cáceres-Farfán, M. 2012. *In vivo* anthelmintic activity of *Phytolacca icosandra* against *Haemonchus contortus* in goats. Article in Press. *Vet Parasitol.*
- Hoste, H., Martínez-Ortiz-De-Montellano, C., Manolarakia, F., Bruneta, S., Ojeda-Robertosa, N., Fourquaux, I., Torres-Acosta, J.F., Sandoval-Castro, C.A. 2012. Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections. *Vet. Parasitol.* 186: 18-27.

- Hostettmann, K. and Marston, A. 2005. Saponins. Chemistry and pharmacology of natural products. Cambridge University Press, Cambridge, isbn-10: 0521020174.
- Isabel, B., Santos, Y. 2009, Efecto de los aceites esenciales en la alimentación de pollos de carne. Arch. Zootec. 58: 597-600.
- Jiménez, E.Cl., Martínez, C.EY., Fonseca, G.C. 2009. Flavonoides y sus acciones antioxidantes. Revista Facultad de Medicina, UNAM, 2: 73-75.
- Kaya, H. and Macit, M. 2012. Effect of Inclusion of Garlic (*Allium sativum*) Powder at Different Levels and Copper into Diets of Hens on Performance, Egg Quality Traits and Yolk Cholesterol Content. Int. J. Poul. Sci. 11: 114-119.
- Kong, J., Chia, L., Goh, N., Chia, T, and Brouillard, R. 2003. Analysis and biological activities of anthocyanins. Phytochemistry. 64: 923-933.
- Lara, L.PE., Ortiz, I.MF., Urquiso, A.E. y García, S.JR. 2010. Harinas de hojas de plantas aromáticas como fitoterapéuticas en pollos de engorda. Pesq. Agropec. Bras. 45: 294-298.
- Latham, M. 2002. Minerales. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Roma: FAO. vol. 29. pp. 109-118.
- Lázaro, D.C., Carcelén, C.F., Torres, A.M. y Ara, G.M. 2005. Efecto probiótico en el alimento de marranas sobre los parámetros productivos de lechones. Rev. Inv. Vet. Perú. 16: 97-102.
- Lee, J., Koo, N., Min, D.B. 2004. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. Comprehensive Reviews, in. Food. Sci. Food. Safety. 3: 21-33.
- Lee, Y.B., Lee, H.J, and Sohn, H.S. 2005. Soy isoflavones and cognitive function. J. Nutr. Biochem. 16: 641-649.
- Leone, E., Alves de Souza, P., Alves de Souza, H., Oba, A., Norkus, E., Kodawara, L. y Azevedo de Lima, T. 2003. Morfometria e ultra-estrutura da mucosa intestinal

- de frangos de corte alimentados como dietas contenido diferentes probióticos. Rev. Portuguesa. Cien. Vet. 98: 125-134.
- Linares-Aranda, M. 2007. Efecto de la incorporación de levaduras vivas en el alimento sobre la capacidad digestiva en juveniles de la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosácea* (Streets, 1877). Tesis de Maestría, programa de postgrado del CIBNOR.
- Lisonbee, L.D., Villalba, J.J. and Provenza, F.D. 2009. Effects of tannins on selection by sheep of forages containing alkaloids, tannins and saponins. J. Sci. Food. Agric. 89: 2668-2677.
- Liu, W.H., Dong, F.X., Tong, M.J. and Zhang, Q. 2010. Alfalfa polysaccharides improve the growth performance and antioxidant status of heat-stressed rabbits. Livest. Sci. 131: 88-93.
- Liu, W.H., Dong, F.X., Tong, M.J. and Zhang, Q. 2011. A comparative study of growth performance and antioxidant status of rabbits when fed with or without chestnut tannins under high ambient temperature. Anim. Feed. Sci. Tech. 164: 89-95.
- Macedo, T.F.L., Bevilaqua, M.L.C., de Oliveira, M.B.L., Camurca-Vasconcelos, L.F.A., Vieira, S.L., Oliveira, R.F., Queiroz-Junior, M.E., Tomé, R.A., Nascimento, R.F.N. 2010. Anthelmintic effect of *Eucalyptus staigeriana* essential oil against goat gastrointestinal nematodes. Vet. Parasitol. 173: 93-98.
- Maragkoudakis, A.P., Mountzouris, C.K., Rosu, C., Zoumpopoulou, G., Papadimitriou, K., Dalaka, E., Hadjipetrou, A., Theofanous, G., Strozzi, GP., Carlini, N., Zervas, G. and Tsakalidou, E. 2010. Feed supplementation of *Lactobacillus plantarum* PCA 236 modulates gut microbiota and milk fatty acid composition in dairy goats. Int. J. Food. Microbiol. 141: 109-116.
- Martínez de-Montellano, O.C, Vargas, MJ.J., Canul, KH.L., Miranda, S.R., Capetillo, L.C., Sandoval, C.A., Hoste, H. and Torres, A.JF. 2010. Effect of a tropical

- tannin-rich plant *Lysiloma latisiliquum* on adult populations of *Haemonchus contortus* in sheep. *Vet. Parasitol.* 172: 283-290.
- Martínez, A. 2000. Ileitis, intestinal microflora and performance of growing finishing pigs fed *saccharomyces cerevisiae*. *J. Anim. Sci.* 78: p.1296.
- Mederos, A., Waddell, L., Sanchez, J., Kelton, D., Peregrine, A.S., Menzies, P., VanLeeuwen, J. and Rajic, A. 2012. A systematic review-meta-analysis of primary research investigating the effect of selected alternative treatments on gastrointestinal nematodes in sheep under field conditions. *Prev. Vet. Med.* 104: 1-14.
- Milán, G., Pérez, M. y Bocourt, R. 2008. Empleo de probióticos basado en *Bacillus sp* y de sus endosporas en la producción avícola. *Rev. Cubana. Cien. Agrí* 42: 117-122.
- Mišurcová, L., Machu, L. and Orsavova, J. 2011. Seaweed Minerals as Nutraceuticals. *Adv. Food. Nutr. Res.* 64: 372-386.
- Molan, A.L., Duncan, A.J., Barry, T.N. and McNabb, W.C. 2003. Effects of condensed tannins and crude sesquiterpene lactones extracted from chicory on the motility of larvae of deer lungworm and gastrointestinal nematodes. *Parasitol. Int.* 52: 209-218.
- Morelli, L. 2000. In vitro selection of probiotic lactobacilli: A critical appraisal. *Curr Issues Intestinal Microbiol.* 1: 59-67.
- Moreno-Gonzalo, J., Ferrea, I., Celaya, R., Frutos, P., Ferreira, L.MM., Hervás, G., García, U., Ortega-Mora, L.M. and Osoro, K. 2012. Potential use of heather to control gastrointestinal nematodes in goats. *Small. Ruminant. Res.* 103: 60-68.
- Muela, R.C., Bernal, B.A., Ramírez, R.E., Plascencia, D.D., Gómez, H.C., Piña, F.G., Acevedo, G.M., Villalobos, R.S. y Acosta, L.F. 2010. Valor nutricional de la

- manzarina*, obtenida de subproductos de manzana para la alimentación animal. *Tecnociencia Chihuahua*. 9: 164-169.
- Muller-Harvey, I. 2006 Unraveling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *J. Sci. Food. Agr.* 86: 2010-2037.
- Muñoz, JA.M., Alvarado, O.UC. y Encina, Z.C. 2011. Fitoesteroles y fitoestanoles: Propiedades saludables. *Phytosterols and phytostanols: Health claims. Rev. Horiz. Med.* 11: 93-100.
- National Research Council (NRC).1989. Goldenberry (Cape Gooseberry). Lost crops of the incas: Little-known plants of the andes with promise for worldwide cultivation (pp. 240–251). Washington D.C.: National Academy Press.
- Nayak, S.K. 2010. Probiotics and immunity: A fish perspective. *Fish. Shellfish. Immun.* 29: 2-14.
- Nery, S.P., Nogueira, F.A., Martins, R.E. and Duarte, R.E. 2010. Effects of *Anacardium humile* leaf extracts on the development of gastrointestinal nematode larvae of sheep. *Vet. Parasitol.* 171: 361-364.
- Newbold, C.J. 2003. En: International One-Day Seminar: Role of Probiotics in Animal Nutrition and their Link to the Demands of European Consumers. Lelystad.
- Nscube, S., Hamudikuwanda, H. and Banda, P. 2012. The Potential of *Acacia angustissima* Leaf Meal as a Supplementary Feed Source in Broiler Finisher Diets. *Int. J. Poult. Sci.* 11: 55-60.
- Oleszek, W. 1996. Alfalfa saponins: structure, biological activity and chemotaxonomy. In: Waller, G.R., Yamasaki, K. (Eds.), *Saponins Used in Food and Agriculture*. Plenum Press, New York, pp. 155-170.
- Oleszek, W.A. 2002. Chromatographic determination of plant saponins. *J. Chromatogr. A*, 967: 147-162.

- Oliveira Jr, T.L.A., Souza, R.C., Endringer, D.C., Hendrickson, D.A. and Coelho, C.S. 2012. Effects of Topical Application of Sunflower-Seed Oil on Experimentally Induced Wounds in Horses. *J. Equine. Vet. Sci.* 32: 139-145.
- Oliveira, B.LM., Bevilaqua, L.MC., Costa, C.CT., Macedo, I.FT., Barros, S.R., Rodrigues, M.AC., Camurca-Vasconcelos, F.AL., Moraes, M.S., Lima, C.Y., Vieira, L.S. and Navarro, C.AM. 2009. Anthelmintic activity of *Cocos nucifera* L. against sheep gastrointestinal nematodes. *Vet. Parasitol.* 159: 55-59.
- Olivo, R., Soares, A.L., Ida, E.I. and Shimokomaki, M. 2001. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. *J. Muscle. Foods.* 25: 271-283.
- Osorio, P.C., Icochea, D.E., Reyna, S.P., Guzmán, G.J., Cazorla, M.F., Carcelén, C.F. 2010. Comparación del rendimiento productivos de pollos de carne suplementados con un probiótico versus un antibiótico. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 2: 219-222.
- Pandey, N.N., Dar, A.A., Mondal, D.B. and Nagaraja, L. 2011. Bovine colostrum: A veterinary nutraceutical. *J. Vet. Med. Anim. Health.* 3: 31-35.
- Peralta, M.F., Miazzo, R.D. y Nilson, A. 2008. Levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) en la alimentación de pollos de carne. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. 1-11.
- Pineda, V.A., De la Parra, B.A., Gives, M.P., Hernández, L.E., Linares, H.I., Pérez, Y.N., Marcelino, A.L., Vargas, R.G., Castro, H.E., Segura, G.I. y Arellano, L.ME. 2012. Uso de productos derivados de *Bacillus thuringiensis* como alternativa de control en nematodos de importancia veterinaria. Revisión. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 3: 77-88.
- Pszczola, D.E. 1999. It's never too late: Ingredients for the aging. *Food. Technol.* 53: 60-68.



- Quintero, M.A. y Huerta, L.N. 1996. Uso de probióticos en la nutrición de cerdos, una revisión. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 6: 75-82.
- Ramadan, M. y Morsel, J. 2003. Oil goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *J. Agric. Food. Chem.* 51: 969-974.
- Reyes, B.M., Salinas, I., Cuesta, A., Meseguer, J., Tovar, R.D., Ascencio, V.F. and Ángeles, E.M. 2008. Oral delivery of live yeast *Debaryomyces hansenii* modulates the main innate immune parameters and the expression of immune-relevant genes in the gthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish. Shellfish. Immun.* 25: 731-739.
- Reyes, R.B., Santisteban, Z.O., Pérez, R.Y., Valera, R.Y. y Medina, M.Y. 2005. Evaluación del efecto probiótico del *Lactobacillus spp.* origen aviar en pollitas de inicio reemplazo de la ponedora comercial en los primeros 42 días de edad. *Revista Electrónica de Veterinaria. REDVET ISSN 1695-7504*: 9. 1-8.
- Ripoll, G., Joy, M. Muñoz, F. 2011. Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. *Meat. Sci.* 87: 88-93.
- Rivas, J., Díaz, T., Hahn, M., Bastidas, P. 2008. Efecto de la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción de leche al inicio de la lactancia en vacas lecheras. *Zoot. Trop.* 26: 421-428.
- Rondón, J.A., Florido, M.G., Samaniego, M.L., Salabarría, B.R., Silva, L.M., Socorro, M. y Quintana, P.M. 2009. Efecto de Lactobacilos probióticos en la reducción de bacterias patógenas en el tracto digestivo de pollos. CD de Monografías 2009. (c) 2009, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos, 1-11.
- Royer, M., Diouf, N.P., and Stevanovic, T. 2011. Polyphenol contents and radical scavenging capacities of red maple (*Acer rubrum* L.) extracts. *Food. Chem. Toxicol.* 49: 2180-2188.

- Seeram, N.P., Lee, R., Scheuller, S. and Heber, D. 2006. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. *Food. Chem.* 97: 1-11.
- Shahidi, F. 2009. Nutraceuticals and functional foods: whole versus processed foods. *Trends. Food. Sci. Tech.* 20: 376-387.
- Shui, G. and Leong, P.L. 2006. Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Food. Chem.* 97: 277-284.
- Silva, M.W., Guillén, R.J., Márquez, C.D., Caldera, R.A. y Moreno, Q.A. 2007. Evaluación de dos probióticos sobre parámetros productivos en lechones lactantes. *Zoot. Trop.* 25: 301-306.
- Simon, O., Jadamus, A. and Vahjen, W. 2001. Probiotic feed additives effectiveness and expected modes of action. *J. Anim. Feed. Sci.* 10: 51-67.
- Škrovánková, S. 2011. Seaweed Vitamins as Nutraceuticals. *Adv. Food. Nutr. Res.* 64: 358-366.
- Soca, M., Ojeda, F., Canchila, E.R. y Soca, M. 2011. Efecto del probiótico Sorbial® en el comportamiento productivo y la salud animal de terneros en pastoreo. *Pastos y Forrajes.* 34: 463-472.
- Sumi, Yoshihiko. 2008. Research and Technology Trends of Nutraceuticals. *Science and Technology Trends.* 28: 10-22.
- Tejerina, D., García, S.T., Cabeza de Vaca, M., Vázquez, M.F. and Cava, R. 2012. Study of variability in antioxidant composition and fatty acids profile of *Longissimus dorsi* and *Serratus ventralis* muscles from Iberian pigs reared in two different *Montanera* seasons. *Meat. Sci.* 90: 414-419.
- Tejerina, D., García, S.T., Cabeza de Vaca, M., Vázquez, M.F. and Cava, R. 2011. Acorns (*Quercus rotundifolia* Lam.) and grass as natural sources of antioxidants

- and fatty acids in the “montanera” feeding of Iberian pig: Intra- and inter-annual variations. *Food. Chem.* 124: 997-1004.
- Timmerman, HM., Mulder, L., Everts, H., Van-Espen, D., Van der Wal, E., Klaassen, G., Rouwers, SM., Hartemink, R., Rombouts, FM. and Beynen, AC. 2005. Health and growth of veal calves fed milk replacers with or without probiotics. *J. Dairy. Sci.* 88: 2154-2165.
- Tovar, D., Zambobino, C., Cahu, F.J., Gatesoupe, R., Vazquez-Juarez, R. and Lésel, R. 2002. Effects of live yeast incorporation in compound diet on digestive enzyme activity in sea bass larvae. *Aquaculture.* 234: 415-427.
- Tovar, R.D., Zambobino, J., Cahu, C., Gatesopue, F.J. and Vazquez-Juarez, R. 2004. Influence of dietary live yeast on European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larval development. *Aquaculture.* 234: 415-427.
- Valenzuela, B.A y Sanhueza, C.J. 2009. Aceites de origen marino; su importancia en la nutrición y en la ciencia de los alimentos. *Rev. Chil. Nutr.* 36: 246-257.
- Van Soest, PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminants. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press. Ithaca (USA) and London (UK).
- Van-Vuuren, A.M. 2003. En: International One-Day Seminar: Role of Probiotics in Animal Nutrition and their Link to the Demands of European Consumers. Lelystad.
- Vasta, V., Nudda, A., Cannas, A., Lanza, M. and Priolo, A. 2008. Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 147: 223-246.
- Verduzco, G.G., Cuevas, C.A., Coello, L.C., Menocal, A.J., Peláez, V.C. y González, A.E. 2009. Comportamiento productivo y respuesta inmune de pollos alimentados con dietas sorgo-soya con y sin aflatoxina y paredes celulares de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). *Tec. Pecu. Méx.* 47: 285-297.

- Vertuani, S., Angusti, A., Manfredini, S. 2004. The antioxidants and pro-antioxidants network: an overview. *Curr. Pharm. Des.* 10: 1677-94.
- Villalba, J.J., Provenza, F.D., Clemensen, A.K., Larsen, R. and Junke, J. 2011. Preference for diverse pastures by sheep in response to intraruminal administrations of tannins, saponins, and alkaloids. *Grass. Forage. Sci.* 66: 224-236.
- Von-Buenau, R., Jaekel, L., Schubotz, E., Schwarz, S., Stroff, T. and Krueger, M. 2005. *Escherichia coli* strain Nissle 1917: significant reduction of neonatal calf diarrhoea. *J. Dairy. Sci.* 88: 317-323.
- Waché, Y., Auffray, F., Gatesoupe, F.J., Zambonino, J., Gayet, V., Labbé, L. and Quentel, C. 2006. Cross effects of the strain of dietary *Saccharomyces cerevisiae* and rearing conditions on the onset of intestinal microbiota and digestive enzymes in rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*, fry. *Aquaculture.* 258: 470-478.
- Waller, G.R. and Yamasaki, K. 1996. Saponins Used in Food and Agriculture. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, Plenum Press, New York. 405.
- William, E.J. 1997. Nutraceuticals for equine practice. *J. Equine. Vet. Sci.* 17: 562-572.
- Williams, P., Losa, R. 2002. Blending essential oils for poultry. *Feed. Mix.* 10: 8-9.
- Williamson-Hughes, P.S., Flickinger, B.D., Messina, M.J, and Empie, M.W. 2006. Isoflavone supplements containing predominantly genistein reduce hot flash symptoms: a critical review of published articles. *Menopause. J. North. Am. Menopause. Soc.* 13: 831-839.
- Winkler, B., Tosi, H., Webster, A.J.F., Resende, F.D., Oliveira, A.MA. and Villela, L.C.V. 2011. Dried yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as a protein source for horses. *Livest. Sci.* 137: 168-177.

Yanbo, W. and Zirong, X. 2006. Effect of probiotics for common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 127: 283-292.

Zeisel, S.H.1999. Regulation of “Nutraceuticals”. *Science.* 285: 185-186.

Zhang, W., Xiao, S., Samaraweera H. and Lee, E. 2010. Improving functional value of meat products. *Meat. Sci.* 86: 15-31.

## **CAPITULO I**

**EFFECTO DE UN EXTRACTO DE TANINOS CONDENSADOS *in vitro* EN  
LA ECLOSIÓN Y DESARROLLO LARVARIO DE NEMATODOS  
GASTROINTESTINALES DE OVINOS**

**EFFECT OF CONDENSED TANNINS ON *in vitro* EGG HATCHING AND  
LARVAL DEVELOPMENT OF GASTROINTESTINAL NEMATODES  
IN LAMBS**

## CAPÍTULO I

### EFFECTO DE UN EXTRACTO DE TANINOS CONDENSADOS EN LA ECLOSIÓN Y DESARROLLO LARVARIO DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES DE OVINOS

Ricardo Martínez Martínez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

#### 1.1. RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar *in vitro* el efecto antiparasitario de un extracto comercial de taninos condensados (TC) SilvaFeed<sup>®</sup>, en la eclosión y desarrollo larvario de nematodos gastrointestinales del género *Strongylida* de ovinos. Los tratamientos fueron; A (125 mg mL<sup>-1</sup>), B (250 mg mL<sup>-1</sup>), C (500 mg mL<sup>-1</sup>), D (antihelmíntico comercial, Tiabendazol) y E (testigo solución buffer de fosfato, PBS) sin antihelmíntico. Los datos obtenidos en el conteo de huevos y el desarrollo larvario, se analizaron con una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, y prueba de Tukey utilizando el paquete estadístico de SAS. Los resultados para actividad ovicida mostraron que el mejor tratamiento fue el C con un 74% de eficiencia, en tanto que en el testigo todos los huevos eclosionaron, mientras que con el Tiabendazol el 100% no eclosionaron (P<0.05). En el resto de los tratamientos con extracto de TC, los huevos eclosionaron a larvas pero inmediatamente después murieron. En el desarrollo larvario, los diferentes tratamientos de TC evitaron la eclosión. Todos los tratamientos tienen actividad larvicida entre 39% a 94% de eficiencia, es decir, los extractos utilizados impidieron el desarrollo larvario, sin embargo, el tratamiento C fue eficaz al reducir el desarrollo de las larvas infectantes L<sub>3</sub> en un 94%. Se concluye que el tratamiento C (500 mg mL<sup>-1</sup> de TC de SilvaFeed<sup>®</sup>) es efectiva para evitar la eclosión de huevos y el desarrollo larvario de NGI, por lo cual es una alternativa para ser usado como antihelmíntico en ovinos.

**Palabras clave:** Antihelmíntico, huevos, larvas, nematodos gastrointestinales, taninos condensados.

## EFFECT OF CONDENSED TANNINS ON *in vitro* EGG HATCHING AND LARVAL DEVELOPMENT OF GASTROINTESTINAL NEMATODES IN LAMBS

### 1.2. ABSTRACT

The aim of this study was to determine the *in vitro* anti-parasite effect of a commercial extract of condensed tannins (CT) SilvaFeed<sup>®</sup>, in the egg hatching and larval development of gastrointestinal nematodes of the order *Strongylida*. The treatments were; A (125 mg mL<sup>-1</sup>), B (250 mg mL<sup>-1</sup>), C (500 mg mL<sup>-1</sup>), D (commercial anthelmintic, Tiabendazol) and E (control phosphate buffer solution, PBS) without anthelmintic. Data obtained from egg counts and larval developments were analyzed with a nonparametric Kruskal-Wallis test, and with a Tukey test using the SAS statistical SAS package. The results for ovicidal activity showed that the best treatment was the C with 74% efficiency, while in the control sample all eggs hatched, but when using Tiabendazol 100% did not hatch ( $P < 0.05$ ). In all other treatments with TC extract, the eggs hatched into larvae but died soon after. In the larval development, different treatments prevented TC hatching. All treatments have larvicidal activity between 39% to 94% efficiency, that is the extracts used prevented larval development, however, treatment C was effective in reducing development of L<sub>3</sub> infective larvae (94%). It is concluded that treatment C (500 mg mL<sup>-1</sup> SilvaFeed<sup>®</sup> CT) is effective in preventing egg hatching and larval development of NGI, for this reason it is an alternative to be used as an anthelmintic in lambs.

**Keywords:** Anthelmintic, hatching eggs, larvae, gastrointestinal nematodes, condensed tannins.



### 1.3. INTRODUCCIÓN

Tanto en el trópico como en climas templados los pequeños rumiantes (ovinos y cabras) enfrentan problemas de salud, siendo los más importantes y comunes los causados por los nematodos gastrointestinales (NGI), que en muchas ocasiones reducen la ganancia de peso del animal, disminuyen la producción, de carne o leche y la condición corporal y pueden causar la muerte hasta del 50% de los animales, ocasionando grandes pérdidas económicas para los productores. En ocasiones el productor hace una mala dosificación del antiparasitario y provocando que los parásitos se vuelvan resistentes, elevándose los costos del control de las parasitosis (Cutulle *et al.*, 2001; Torres-Acosta *et al.*, 2012). Cerca del 70% de los nematodos gastrointestinales han adquirido resistencia a los fármacos químicos antihelmínticos comerciales en casi todo el mundo, esto agrava la problemática, por ello se deben buscar y probar otros productos para desparasitar y controlar a los NGI y que éstos no causen daño al ambiente. (FAO, 2003; Kaplan, 2004).

En los últimos años ha surgido el interés de realizar estudios *in vitro* para evaluar el uso de compuestos secundarios de plantas con propiedades antihelmínticas, principalmente taninos condensados (TC), así como utilizar extractos comerciales de TC para reducir esta problemática (Rojas *et al.*, 2006).

Así los extractos de TC comerciales han adquirido importancia ya que se ha observado que se pueden usar no solamente para proteger o ligarse a las proteínas de la dieta para hacerla más disponible para el rumiante, sino también como un eficaz antihelmíntico. Para evaluar la eficiencia de estos compuestos secundarios se realizan por lo general pruebas *in vitro* como la de eclosión de huevos de nematodos gastrointestinales y pruebas de desarrollo larvario (Le Jambre, 1976; DrenchRite, 1996).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto antihelmíntico del extracto comercial de taninos de SilvaFeed<sup>®</sup> en huevos y en el desarrollo de larvas infectantes (L<sub>3</sub>) de nematodos gastrointestinales de ovinos *in vitro*.

## 1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en Ciudad Universitaria, Coyoacán, Distrito Federal.

### 1.4.1. Prueba *in vitro* de eclosión de huevos de nemátodos

#### 1.4.1.1. Obtención de los huevos

Los huevos de NGI (*estrongílicos*) usados en esta prueba, se obtuvieron de muestras de heces de ovinos de pelo, se colectaron de 10 a 15 g de heces directamente del recto del animal. Para estar seguros que las muestras eran positiva a NGI, se realizó la técnica de flotación y de McMaster (Hendrix y Robinson, 2006).

#### 1.4.1.2. Eclosión de huevos

Para el análisis de eclosión de huevos de NGI en presencia de taninos condensados, se aislaron los huevos necesarios de la materia fecal de los ovinos muestreados.

El diseño experimental usado para esta prueba fue completamente al azar con 15 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron: T1) testigo solución buffer de fosfato (PBS) sin antihelmíntico, T2) PBS + antihelmíntico comercial (Tiabendazol), T3) PBS + concentración de 125 mg mL<sup>-1</sup> de extracto de taninos condensados (SilvaFeed®), T4) PBS + concentración de 250 mg mL<sup>-1</sup> de extracto de taninos condensados (SilvaFeed®) y T5) PBS + concentración de 500 mg mL<sup>-1</sup> de extracto de taninos condensados (SilvaFeed®).

Para determinar la eclosión de los huevos de los NGI se utilizó una caja de cultivo celular con 75 pocillos marca Nunc, se depositaron aproximadamente 100 huevos de NGI en cada pozo con una micropipeta más las concentraciones de extracto de TC

propuestas (Figura 1.1). Posteriormente los huevos sin eclosionar se incubaron en una estufa durante 24 h a una temperatura de 37°C y humedad relativa de 85% (Le Jambre *et al.*, 1976; Campos, 1999; Marie-Magdeline, *et al.*, 2010).

Transcurrido el tiempo señalado, los pocillos con los huevos se observaron al microscopio compuesto (10X), determinando así la eclosión de los huevos y el efecto antihelmíntico de los tratamientos evaluados. (Ibarra, 2011). Todos los procedimientos se realizaron en condiciones asépticas utilizando una campana de flujo laminar. (Vercruyse, 2004). Finalmente se determinaron los porcentajes de huevos que eclosionaron.

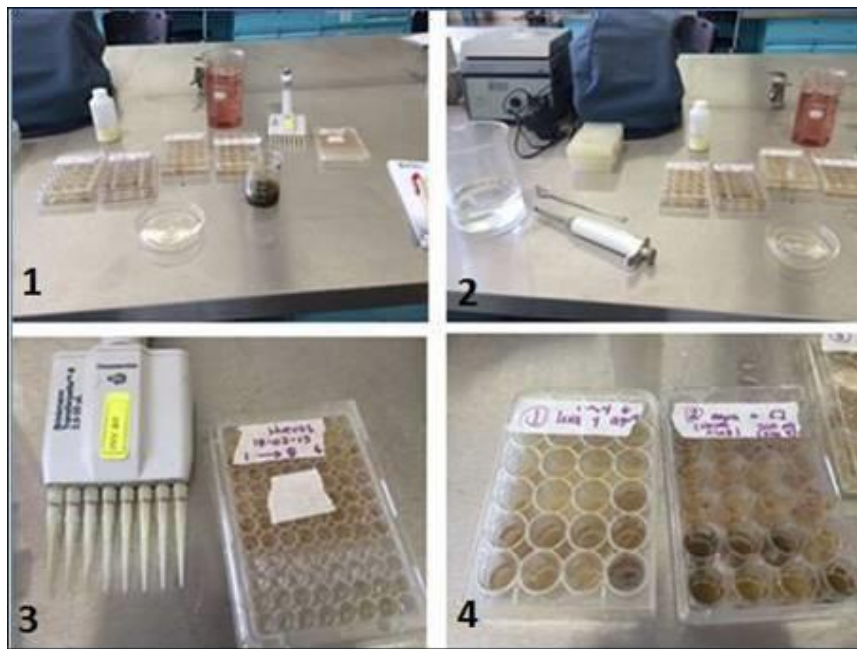


Figura 1.1. Prueba de eclosión de huevos y desarrollo larvario de nematodos gastrointestinales de ovinos

## 1.4.2. Prueba de desarrollo larvario de NGI

### 1.4.2.1. Obtención de larvas

Para la obtención de larvas de los NGI infectantes, se realizó un coprocultivo a partir de las heces fecales muestreadas de los ovinos, las cuales se colocaron en una caja Petri y se homogenizaron, después se agregó una cucharada de aserrín y se adicionaron gotas de agua mezclándose con una cuchara. El cultivo se colocó en una estufa a temperatura de 27°C por un periodo de diez días, (tiempo necesario para que los nematodos gastrointestinales se desarrollaran a L<sub>3</sub>). Transcurrido el periodo de incubación se sacó la mezcla y se depositó inmediatamente después en el equipo de Baermann, se dejó reposar por ocho horas, posteriormente se quitó la pinza Möhr y se colectaron las larvas en un vidrio de reloj (Thiempont *et al.*, 1986; Hendrix y Robinson 2006; Soca *et al.*, 2004).

### 1.4.2.2. Desarrollo larvario

Para el desarrollo larvario se empleó la técnica descrita por Marie-Magdelaine, *et al.* (2010), la cual se basa en exponer las soluciones a investigar con posible efecto antihelmíntico a larvas en fase L<sub>1</sub>/L<sub>2</sub> y a larvas en la fase parasitaria L<sub>3</sub>. El diseño experimental usado para esta prueba fue completamente al azar con 15 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron: T1. testigo solución buffer de fosfato (PBS) sin antihelmíntico, T2. PBS + antihelmíntico comercial Tiabendazol, T3. PBS + concentración de 125 mg mL<sup>-1</sup> de extracto de taninos condensados (SilvaFeed®), T4. PBS + concentración de 250 mg mL<sup>-1</sup> de extracto de taninos condensados (SilvaFeed®) y T5. PBS + concentración de 500 mg mL<sup>-1</sup> de extracto de taninos condensados (SilvaFeed®).

En una placa de ELISA de 96 pozos, se colocaron aproximadamente 100 larvas de NGI del primer estadio, las cuales se expusieron a los tratamientos a evaluar. Las larvas de los NGI con las diferentes concentraciones de TC se incubaron por un periodo de 48 h. Posteriormente se realizó el mismo procedimiento con las larvas que

se desarrollaron a L<sub>2</sub> para determinar cuántas larvas evolucionaron a la fase infestantes (L<sub>3</sub>).

Para contabilizar las larvas que se desarrollaron después de cada la incubación, se homogenizó el sedimento de cada pocillo extrayendo las larvas con ayuda de una pipeta y se colocaron entre un porta y un cubre objetos de 22 x 22 mm, el cual se observó al microscopio.

Para determinar la efectividad del extracto se contabilizaron las larvas en fase L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub> y las que se desarrollaron a fase infectante L<sub>3</sub>, obteniéndose el porcentaje de eficiencia de cada una.

#### 1.4.3. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos obtenidos en el conteo de huevos y el desarrollo larvario, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, usando PROC NPAR1WAY WILCOXON de SAS (2002) y se realizaron las comparaciones entre medias usando la prueba de Tukey.

Para calcular la eficiencia de las diferentes dosis del extracto de taninos condensados se empleó la siguiente fórmula (Álvarez *et al.*, 2007).

$$\% \text{ Eficiencia} = [(c-T/C)*100]$$

Dónde:

C= Promedio o porcentaje del grupo control.

T= Promedio o porcentaje del grupo tratado.

## 1.5. RESULTADOS

### 1.5.1. Prueba de eclosión de huevos

Se observó que las diferentes concentraciones de TC evaluadas redujeron la eclosión y desarrollo larvario a L<sub>3</sub>, sin embargo, se encontraron diferencias entre éstos en la eclosión de huevos de NGI (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Eclosión de huevos de NGI a larvas de ovinos

VARIABLE	TRATAMIENTO					EEM	P
	PBS (testigo)	Tiabendazol	PBS + TC 125 mg mL <sup>-1</sup>	PBS + TC 250 mg mL <sup>-1</sup>	PBS + TC 500 mg mL <sup>-1</sup>		
No. huevos iniciales	100	100	100	100	100		
No. huevos eclosionados	68 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	53 <sup>c</sup>	38 <sup>d</sup>	23 <sup>e</sup>	1.03	< 0.0001

No. número de huevos. TC= taninos condensados. PBS= solución buffer de fosfato.

EEM= error estándar de la media.

<sup>a,b,c,d,e</sup> = diferente literal en la misma fila muestran diferencias (P<0.05).

La mayor concentración de extracto de TC tuvo una acción antiparasitaria del 74%, sin embargo, el antihelmíntico comercial (Tiabendazol) fue superior con eficiencia del 100% (P<0.05), (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Media aritmética y eficiencia de los diferentes niveles de concentración de TC en huevos de ovinos

TRATAMIENTOS	HUEVOS ECLOSIONADOS			
	Promedio (%)	DE	Mediana	Eficiencia (%)
PBS (testigo negativo)	94.6	1.88	95	0
Tiabendazol	0.00	0.00	0.00	100
PBS + TC 125 mg mL <sup>-1</sup>	76.75	2.96	77	19
PBS + TC 250 mg mL <sup>-1</sup>	47.93	4.06	48	49
PBS + TC 500 mg mL <sup>-1</sup>	24.60	4.93	26	74

TC= taninos condensados; PBS= solución buffer de fosfato; DE= desviación estándar.

### 1.5.2. Prueba de desarrollo larvario

Se observó que hubo diferencias entre los tratamientos evaluados para el desarrollo de larvas de L<sub>1</sub> a L<sub>2</sub> y de L<sub>2</sub> a L<sub>3</sub> de los NGI (Cuadro 1.3).

Cuadro 1.3. Desarrollo larvario de NGI a larvas

VARIABLE	TRATAMIENTO					EEM	P
	PBS (testigo)	Tiabendazol	PBS + TC 125 mg mL <sup>-1</sup>	PBS + TC 250 mg mL <sup>-1</sup>	PBS + TC 500 mg mL <sup>-1</sup>		
Larvas inicial	100	100	100	100	100		
Larvas de L <sub>1</sub> a L <sub>2</sub>	68 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	53 <sup>c</sup>	38 <sup>d</sup>	23 <sup>e</sup>	1.03	< 0.0001
Larvas de L <sub>2</sub> a L <sub>3</sub>	68 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	53 <sup>c</sup>	38 <sup>d</sup>	23 <sup>e</sup>	1.03	< 0.0001

TC= taninos condensados; PBS= solución buffer de fosfato.

EEM=error estándar de la media.

<sup>a,b,c,d</sup> = diferente literal en la misma fila muestran diferencias (P<0.05).

La concentración mayor del extracto de TC (500 mg mL<sup>-1</sup>) tuvo una eficiencia de 80% evitando el desarrollo de las larvas en la fase estadía de L<sub>1</sub> a L<sub>2</sub>. (Cuadro 1.4)

Cuadro 1.4. Media aritmética y eficiencia de los diferentes niveles de concentración de TC en los tratamientos de desarrollo de larvas (L<sub>1</sub> a L<sub>2</sub>) de ovinos.

TRATAMIENTOS	DESARROLLO DE LARVAS DE L <sub>1</sub> A L <sub>2</sub>			
	Promedio (%)	DE	Mediana	Eficiencia (%)
PBS (testigo negativo)	96.46	1.81	97	0
Tiabendazol	0.00	0.00	0.00	100
PBS + TC 125 mg mL <sup>-1</sup>	59.06	2.71	60	39
PBS + TC 250 mg mL <sup>-1</sup>	29.47	2.77	28	69
PBS + TC 500 mg mL <sup>-1</sup>	18.33	4.81	18	80

TC= taninos condensados; PBS= solución buffer de fosfato; DE= desviación estándar.

Lo mismo ocurrió con el desarrollo larvario de L<sub>2</sub> a L<sub>3</sub>, donde la concentración de TC de 500 mg mL<sup>-1</sup> tuvo una eficiencia de 94%, siendo similar a la del antihelmíntico comercial (Tiabendazol) con un 100%. (Cuadros 1.5).

Cuadro 1.5. Media aritmética y eficiencia de los diferentes niveles de concentración de TC en los tratamientos de desarrollo de larvas (L<sub>2</sub> a L<sub>3</sub>) de ovinos

TRATAMIENTOS	LARVAS DE L <sub>2</sub> A L <sub>3</sub>			
	Promedio (%)	DE	Mediana	Eficiencia (%)
PBS (testigo negativo)	93.93	3.55	95	0
Tiabendazol	0.00	0.00	0.00	100
PBS + TC 125 mg mL <sup>-1</sup>	38.47	2.8	38	59
PBS + TC 250 mg mL <sup>-1</sup>	17.26	2.15	18	81
PBS + TC 500 mg mL <sup>-1</sup>	5.73	1.87	6	94

TC= taninos condensados; PBS= solución buffer de fosfato; DE= desviación estándar.

## 1.6. DISCUSIÓN

Se han reportado notables avances en las investigaciones sobre plantas medicinales en enfermedades causadas por NGI, con el uso de compuestos naturales secundarios que contienen estas plantas como son los taninos condensados, alcaloides, flavonoides y saponinas (Quesada *et al.*, 2009).

Tanto en el ensayo de eclosión de huevos como de desarrollo larvario realizados en este estudio, la eficiencia fue de 74% a 80% con la concentración de 500 mg mL<sup>-1</sup> de taninos condensados, lo que coincide con otros investigadores (Moreno *et al.*, 2010; Alemán *et al.*, 2011; Barrabí-Puerta y Arece-García, 2013).

### 1.6.1. Prueba de eclosión de huevos

En este estudio el testigo (PBS) fue quien presentó la mayor eclosión de huevos 94.6%, sin embargo, la concentración de 500 mg mL<sup>-1</sup> usada fue la mejor después del antihelmíntico comercial con una eficiencia de 75%, esto fue similar a lo encontrado por Arce *et al.* (2012), quienes observaron eficacia antihelmíntica del 96.68% con extracto de TC de *Dichrostachys cinérea* (L.) Wight & Arn., en la eclosión de huevos.



Cuando se usaron 500 mg mL<sup>-1</sup> de taninos condensados en el presente estudio, la eclosión de huevos de NGI fue de 25%, porcentaje similar al obtenido por Barrabí-Puertal y Arce-García. (2013), quienes observaron eclosión de huevos de 35%, esto quiere decir que los extractos de taninos condensados de SilvaFeed® y de Neem tienen una eficiencia de 75% y 65% respectivamente.

#### 1.6.2. Prueba de desarrollo larvario

Estudios previos realizados *in vitro* por Athanasiadou *et al.* (2001) y García *et al.* (2005), en donde evaluaron taninos de quebracho y *Morus alba* Linn, para eliminar larvas de NGI de *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia*, y *Trichostrongylus*, encontraron que el desarrollo de larvas se inhibió de 80% a 98%, que son resultados similares a los encontrados en este estudio.

Alonso-Díaz *et al.* (2008ab), Alemán *et al.* (2011) y Arece *et al.* (2012), al usar una mezcla de *Bombacopsis quinata*, *Gmelina arborea*, *Cupressus lusitánica*, *Tectona grandis*, *Rhizophora mangle* L., *Dichrostachys Cinerea* (L.) Wight & Arn., *Acacia pennatula*, *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula* y *Leucaena leucocephala*, que contenían taninos condensados y extracto de taninos condensados de quebracho, mostraron tener efecto antihelmíntico con una eficiencia larvicida de entre 65.4% y 98.0%.

Marie-Magdeleine *et al.* (2014), Raju *et al.* (2015), al realizar pruebas *in vitro* para evaluar los efectos larvicidas de plantas con taninos condensados como *Musa x paradisiaca*, *Quercus* spp, *Pinus* sp, *Corylus avellana*, *Trifolium repens*, obtuvieron resultados similares con eficiencia de 80% o más, a los encontrados en este estudio, en el que se observó que el porcentaje de mortalidad de las larvas del L<sub>3</sub> infectantes fue de 75% a 80%. La variabilidad en la eficiencia para reducir el número de huevos o larvas encontrada en estos estudios, puede deberse a las diferentes fuentes de taninos condensados evaluados.

No solamente los taninos condensados como compuestos secundarios de algunos vegetales tienen capacidad antihelmíntica, otros compuestos secundarios también tienen esta propiedad, como son los aceites esenciales de plantas que contienen timol, carvacrol, eugenol y linalol presentes en *Satureja brevicalyis*, *Thymus vulgaris* y *Oreganum vulgare*. Las lectinas que se encuentran principalmente en *Ricinus comunis*, y canavalía (*Canavalia ensiformis*), así como alcaloides, glicósidos, flavonoides, esteroides, terpenoides, saponinas, que tienen la capacidad de reducir la eclosión y el desarrollo de larvas hasta en 40%, por lo cual pueden ser otra alternativa para reducir la parasitosis por NGI (Nery *et al.*, 2010; Waterman *et al.*, 2010; Ríos-de Álvarez *et al.*, 2012; Katiki *et al.*, 2013).

## 1.7. CONCLUSIONES

La concentración de 500 mg ml<sup>-1</sup> de extracto de taninos condensados de SilvaFeed® es eficiente (75%) para impedir la eclosión y el desarrollo de larvas de NGI en ovinos, pudiendo utilizarse como una alternativa al uso de antihelmínticos comerciales. Sin embargo, es importante también conocer la duración del efecto de los taninos condensados como antiparasitarios hasta cuándo los NGI adquieren resistencia a éstos.

## 1.8. AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para estudios de Doctorado, a la Universidad Nacional Autónoma de México en especial Laboratorio de parasitología de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia por todas las facilidades otorgadas para realizar las pruebas *in vitro*, y a la LPI-7 (Inocuidad, Calidad de alimentos y Bioseguridad) del Colegio de Postgraduados, por financiar parcialmente esta investigación.

## 1.9. LITERATURA CITADA

- Alemán, Y., Sánchez, L.M., Pérez, T., Rodríguez, Y., Olivares, J.L., Rodríguez, J.G. 2011. Actividad larvica de extractos de *Rhizophora mangle* L. contra estrongílicos gastrointestinales de ovinos. Rev. Salud Anim. 33: 111-115.
- Alonso-Díaz, M.A., Torres-Acosta, J.F.J, Sandoval-Castro, C.A, Capetillo-Leal, C., Brunet, S., Hoste, H. 2008b. Effects of four tropical tanniniferous plant extracts on the inhibition of larval migration and the exsheathment process of *Trichostrongylus colubriformis* infective stage. Vet. Parasitol. 153: 187-92.
- Alonso-Díaz, M.A., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Aguilar-Caballero, A.J., Hoste, H. 2008a. *In Vitro* larval migration and kinetics of exsheathment of *Haemonchus contortus* larvae exposed to four tropical tanniniferous plant extracts. Vet. Parasitol. 153: 313-19.
- Álvarez C.V., Hernández G, WingChing R. 2007. Eficacia de aserrines para inhibir el desarrollo *in vitro* de larvas de parásitos gastrointestinales de ovinos. Agron. Costarricense ISSN: 0377-9424. 31: 71-75.
- Arece, J., Roche, Y., López, Y., Molina, M. 2012. Efecto *in vitro* del extracto acuoso de *Dichrostachys cinérea* (L.) Wight & Arn. en el desarrollo de las fases exógenas de estrongílicos gastrointestinales de ovinos. Pastos y Forrajes. 35:301-310.
- Athanasiadou, S., Kyriazakis, I., Jackson, F., Coop, R.L. 2001. Direct anthelmintic effects of condensed tannins towards different gastrointestinal nematodes of sheep: *in vitro* and *in vivo* studies. Vet. Parasitol. 99: 205-19.
- Barrabí-Puerta, M., Arece-García, J. 2013. Actividad antihelmíntica *in vitro* de extracto acuoso de hojas y semillas de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss). I. Inhibición de la eclosión de huevos y del desarrollo larvario. Rev. Salud Anim. 35: 103-108.

- Campos R.R. 1991. Diagnóstico y control de nematodos resistentes a los antihelmínticos en; Diagnóstico y control de parásitos de animales y el hombre. Edit. Pr Quiroz, R.H. UNAM, 506-527.
- Cutulle, C., Eddi, C., Caracostantogolo, J., Castaño, Z.R., Schapiro, J. 2001. Métodos *in vitro* para el diagnóstico de resistencia antihelmíntica. Vet. Arg. 157: 514-521.
- Drench Ritee. 1996. A larval development assay for the detection of anthelmintic resistance. Standard operating procedures. A product of CSIRO Res. Horizon Tech. Pty. Limited. pp.29.
- FAO. 2003. Resistencia a los antiparasitarios. Dirección de producción y sanidad animal de la FAO. Roma. 51 p.
- García, D.E., Soca, M., Medina, MG. 2005. Acción antihelmíntica de seis extractos de morera en la viabilidad de larvas infestantes (L3) de nemátodos gastrointestinales. Pastos y Forrajes. 28: 319-328.
- Hendrix, C.M., Robinson, E. 2006. Diagnostic parasitology for veterinary technicians. Mosby Elsevier, Saint Louis, Missouri, pp. 236-237.
- Ibarra, V.F., Figueroa, C.JA., Quiroz, R.H. 2011. Parasitología veterinaria volumen II. Helmintos. Editorial Color S.A de C.V. pag. 126.
- Kaplan, R.M. 2004. Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. Trends. Parasitol. 20: 476-481.
- Katiki, M.L., Ferreira F.S.G., González, M.J., Zajac, M.A., Lindsay, S.D., Chagas, S.AC., Amarante, F.T.A. 2013. Anthelmintic effect of plant extracts containing condensed and hydrolyzable tannins on *Caenorhabditis elegans*, and their antioxidant capacity. Vet. Parasitol. 192:218-227.
- Le, J.LF., Southcott, W.H., Dash, J.H. 1976. Resistance of selected lines of *Haemonchus contortus* to thiabendazole, morantel and levamisole. Int. J. Parasitol. 6:217.

- Marie-Magdeleine, C., Mahieu, M., Philibert, L., Despois, P., Archimède, H. 2010. Effect of cassava (*Manihot esculenta*) foliage on nutrition, parasite infection and growth of lambs. *Small. Ruminant. Res.* 93:11-18.
- Marie-Magdeleine, C., Udino, L., Philibert, L., Bocage, B., Archimede, H. 2014. *In vitro* effects of *Musa x Paradisiaca* extracts on four Developmental Stages of *Haemonchus Contortus*. *Res. Vet. Sci.* 96: 127-32.
- Moreno, F.C., Gordon, I.J., Wright, A.D., Benvenuti, M.A., Saumell, C.A. 2010. Efecto antihelmíntico *in vitro* de extractos de plantas sobre larvas infectantes de nematodos gastrointestinales de rumiantes. *Arch. Med. Vet.* 42: 155-163.
- Nery, P.S., Nogueira, F.A., Martins, E.R., Duarte, E.R. 2010. Effects of *Anacardium humile* leaf extracts on the development of gastrointestinal nematode larvae of sheep. *Vet. Parasitol.* 171: 361-364.
- Quesada, L.F., Osorio, J.C., Bilbao, M. 2009. Efecto antiparasitario de los extractos etanólicos y etéreos de *Ficus obtusifolia* Kunth (Moraceae), frente a parásitos de clase nematodos (*Toxocara cati* y *Toxocara canis*). *Infection.* 13 :259-267.
- Raju, J., Sahoo, B., Chandrakar, A., Sankar, M., Garg, A.K., Sharma, A.K., Pandey, A.B. 2015. Effect of feeding oak leaves (*Quercus Semecarpifolia* vs *Quercus Leucotricophora*) on nutrient utilization, growth performance and gastrointestinal nematodes of goats in temperate Sub Himalayas. *Small. Ruminant. Res.* 125: 1-9.
- Ríos-de Álvarez, L., Jackson, F., Greer, A., Bartley, Y., Bartley, D.J., Grant, G., Huntley, J.F. 2012. *In vitro* screening of plant lectins and tropical plant extracts for anthelmintic properties. *Vet. Parasitol.* 186: 390-398.
- Rojas, D.K., López, J., Tejada, I., Vásquez, V., Shimada, A., Sánchez, D., Ibarra, F. 2006. Impacto f condensed tannins from tpoical forages on *haemonchus contortus* burdens in mongolia gerbils (*meriones unguiculatus*) and pelibuey lambs. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 128: 218-228.

- SAS (Statistical Analysis System). 2002. SAS Proceeding Guide, Version 9.0 SAS Institute. Cary NC.USA.
- Soca, M., García, D.E., González, M. 2004. Nota técnica: Efectividad del extracto acuoso de *Morus alba* en las larvas infectivas (L<sub>3</sub>) de nemátodos gastrointestinales. *Pastos y Forrajes*. 27: 279.
- Thienpont, D., Rochette, F., Vanparijs, O.F.J. 1986. Diagnóstico de las helmintiasis por medio del examen coprológico. Janssen Research Foundation, Beerse, Bélgica. p. 40-43.
- Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Hoste, H., Aguilar-Caballero, A.J., Cámara-Sarmiento, R., Alonzo-Díaz, M.A. 2012. Nutritional manipulation of sheep and goats for the control of gastrointestinal nematodes in hot humid and subhumid tropical conditions. *Small Ruminant Res*. 103: 28-40.
- Vercruysse, J., Knox, D.P., Schetters, T.P.M., Willadsen, P. 2004. Veterinary parasitic vaccines: pitfalls and future directions. *Trends Parasitol*. 20:488-492.
- Waterman, C., Smith, R.A., Pontiggia, L., Dermarderosian, A., 2010. Anthelmintic screening of Sub-Saharan African plants used in traditional medicine. *J. Ethnopharmacol*. 127: 755-759.

## **CAPITULO II**

### **EFFECTO DE LOS TANINOS EN LA CARGA PARASITARIA DE *STRONGYLIDA*, ALIMENTACIÓN, DIGESTIBILIDAD Y VARIABLES RUMINALES EN OVEJAS GESTANTES**

### **EFFECT OF TANNINS ON THE PARASITE LOAD OF *Strongylida*, FEED DIGESTIBILITY AND RUMEN VARIABLES IN PREGNANT EWES**

## CAPITULO II

### EFFECTO DE LOS TANINOS EN LA CARGA PARASITARIA DE *Strongylida*, ALIMENTACIÓN, DIGESTIBILIDAD Y VARIABLES RUMINALES EN OVEJAS GESTANTES

Ricardo Martínez Martínez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

#### 2.1. RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la capacidad antiparasitaria al incluir 4% de taninos condensados (SilvaFeed®) en la dieta de borregas gestantes parasitadas naturalmente con nematodos de *Strongylida*, así como su efecto en la digestibilidad de la materia seca, balance de nitrógeno, pH, N-NH<sub>3</sub> y AGVs. La fase experimental con los animales tuvo una duración de 30 días. Se utilizaron 20 borregas gestantes de la raza Katahdin, con un peso promedio de 44 ± 10.18 kg y edad de 2 a 3 años. Los animales fueron asignados en forma aleatoria a dos grupos en un diseño completamente al azar con dos tratamientos y diez repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron: T1. Testigo (dieta base sin taninos) y T2 dieta base con 4% de taninos. El análisis estadístico de los datos de conteo de huevos se realizó transformando las variables originales mediante logaritmo natural, con los datos expresados en logaritmo natural se analizó con GLM y las medias de tratamiento fueron comparadas con la prueba de Tukey. Los datos obtenidos para hematocrito se analizaron con Proc Mixed y los de consumo de alimento, digestibilidad de la MS, balance de nitrógeno, AGV, N-NH<sub>3</sub> y pH por GLM. Los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS. La inclusión de taninos en una proporción de 4% a la dieta fue aceptada por los animales, sin que se afectara la palatabilidad o el sabor de la dieta. La inclusión de taninos no influyó en el consumo de MS, FDN, DMS y balance de N (P>0.05). En el conteo de huevos de parásitos, se encontraron diferencias (P<0.05), demostrando que los taninos tienen propiedades antihelmínticas ya que hubo una reducción en el número de huevos de *Strongylida* (42.75 hpg). Los valores de hematocrito fueron similares (P>0.05), siendo los normales para borregos sanos y sin anemia (35 a 40 %). No se observaron diferencias (P>0.05) en los valores de pH y en la concentración de N-NH<sub>3</sub> entre tratamientos, al igual que para ácido propiónico, pero sí para acético (T1 30.55 y T2 43.22 mmolL<sup>-1</sup>) y butírico (T1 7.32 y T2 11.57 mmolL<sup>-1</sup>) (P<0.05). Los resultados obtenidos en este trabajo indican que al agregar 4 % de taninos en las dietas de borregas gestantes no se afectan las variables productivas, pero sí se reduce la carga parasitaria.

**Palabras clave:** Taninos, borregas gestantes, antiparasitario, digestibilidad.



## EFFECT OF TANNINS ON THE PARASITE LOAD OF *Strongylida*, FEED DIGESTIBILITY AND RUMEN VARIABLES IN PREGNANT EWES

### 2.2. ABSTRACT

In the present study the effect of Silva Feed®, a commercial compound containing condensed tannins was evaluated on the parasite load, haematocrit level, DM intake, DM and NDF digestibility, N balance and rumen variables in pregnant ewes. The study lasted 30 days, in which 20 Katadhin ewes 2-3 years old,  $44 \pm 10.18$  kg body weight in the last six weeks of gestation, were divided into two equal groups (ten each): Control treatment (T1) diet contained 15% alfalfa hay, 19.5% ground sorghum, 19.5% whole sorghum, 10% soybean hulls, 23.5% wheat bran, 2.5% brewers dried grains, 6% molasses and 4% mineral mix without tannins. Tannins diet (T2) was the same diet as T1 except for wheat bran (19.5%) with the addition of 4% of Silva Feed®, which contained 65% condensed tannins and 77% phenols. Because animals were on pasture, they were tested for parasites by the McMaster technique. All of them showed a positive faecal egg count of the order *Strongylida*. Blood and faecal samples were taken at the beginning and every five days until the end of the study to evaluate haematocrit level and faecal egg count. Animals had an adaptation period of 22 days followed by 8 days period for total urine and faeces collection. The last day of the study rumen liquor was taken by an oesophageal probe to determine ruminal pH, VFA and ammonia concentrations. Data from haematocrit values were analysed by PROC MIXED. Egg count was transformed by natural logarithm and analysed by PROC MIXED. The model included the animal and error random effects and treatment x time interaction fixed effects. Feed intake, DM and NDF digestibility, N balance and rumen variables were analysed by GLM. Multiple mean comparisons were performed using Tukey's test. Animals fed tannins diet decreased ( $P < 0.05$ ) the amount of eggs per gram of faeces (42.75) compared to animals fed control diet (70.64). No differences were found for haematocrit concentrations, DM intake, DM and NDF digestibility, N balance, pH and rumen ammonia concentration. Animals fed tannins diet increased concentrations of acetic, propionic and butyric acids compared to control diet (43.22, 10.98 and  $11.57 \text{ mmolL}^{-1}$  respectively). The supplementation of tannins have a deworming effect, and at the same time they protect proteins against rumen microbial attack, which might explain some of the results obtained in this study. Besides, no negative effects were observed due to the consumption of tannins on DM intake, DM and NDF digestibility, haematocrit, N-balance or the rumen variables evaluated. The supplementation of 4% of Silva Feed® in the diet of ewes reduced the parasite load in the last third of pregnancy.

**Keywords:** Tannins, pregnant ewes, antiparasitic, digestibility.

### 2.3. INTRODUCCIÓN

Una de las causas de ineficiencia productiva, reproductiva y económica en los sistemas de producción ovina a nivel mundial son las debidas a enfermedades, entre estas las más frecuentes son las causadas por parásitos, principalmente por nematodos gastrointestinales (NGI). México no es la excepción a esta problemática, la incidencia de esta enfermedad en ovinos es alta, principalmente en los sistemas de pastoreo y semi estabulación (Githiori *et al.*, 2005; García *et al.*, 2005 Torres-Acosta *et al.*, 2012).

Entre los NGI que se presentan con mayor frecuencia en ovinos se encuentran: *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus axei*, *Teladorsagia (Ostertagia) circumcincta*, *Strongyloides papillosus*, *Bunostomum trigonocephalum*, *Moniezia expansa*, *Cooperia curticei*, *Trichuris ovis*, se les localiza principalmente en los agostaderos y en sistemas semiestabulados, atacan e infectan a los ovinos en el tubo digestivo (abomaso, intestino delgado y grueso) (Sykes, 1994; Torres-Acosta *et al.*, 2003).

Los animales infectados con NGI disminuyen el aprovechamiento de los nutrientes y como consecuencia causan alteraciones en el balance de nitrógeno y en la fermentación ruminal, repercutiendo en algunas variables productivas como ganancia de peso, crecimiento, conversión alimenticia, reducción de la lactancia en ovejas, menor digestibilidad de la materia seca, etc., teniendo como resultado animales desnutridos, con anemia, que pueden morir con la consecuente pérdida económica para el productor (Muela *et al.*, 2010).

En México el método de control más utilizado, sobre todo en climas tropicales y templados para la parasitosis gastrointestinal, es el tratamiento con productos químicos costosos que en muchas ocasiones no eliminan en su totalidad a los parásitos, pero que favorecen que los parásitos adquieran inmunidad a estos productos. Por ello se tienen que buscar nuevas alternativas, viables y eficientes para reducir o eliminar los huevos y larvas de estos parásitos y evitar la contaminación de las pasturas y establos (Zárate, 1994; Alemán *et al.*, 2011; Torres-Acosta *et al.*, 2012).

Ante esta situación, es importante realizar diagnósticos y estudios adecuados en regiones donde se practica la ovinocultura, para evaluar alternativas viables a las ya usadas comúnmente por los productores para combatir las parasitosis gastrointestinales de los animales. Así se puede determinar cuáles son las carencias que se tienen para combatir esta enfermedad y reducir y/o controlar la carga parasitaria en los ovinos de una forma adecuada. Se ha observado que los taninos tienen efectos positivos en la reducción de la carga parasitaria en animales, sin embargo, deben usarse en forma adecuada y dosificada ya que podrían ser tóxicos para el animal. De forma práctica se puede hacer uso de los extractos comerciales que contienen taninos, para incluirlos a las dietas y reducir los parásitos de los ovinos (Lisonbee *et al.*, 2009).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la inclusión de 4% de taninos totales (condensados) de un producto comercial (SilvaFeed®) en la dieta de borregas gestantes Kathadin, como antiparasitarios. Así como también determinar su efecto en la digestibilidad de la MS, balance de nitrógeno y fermentación ruminal.

## **2.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### *2.4.1. Ubicación*

El estudio se realizó en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el municipio de General Escobedo, Nuevo León, Monterrey, del mes de noviembre de 2012 a marzo de 2013 y en el Laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados-Montecillo, estado de México de abril a julio de 2013.

### *2.4.2. Animales, manejo y alimentación*

Se utilizaron 20 borregas en el último tercio de gestación de la raza Katahdin, con un peso promedio de  $44 \pm 10.18$  kg y 2 a 3 años de edad. Los 20 animales se alojaron en

forma individual en jaulas metabólicas cuyas dimensiones eran de 0.7 X 1.20 m, con agua *ad libitum* y alimento ofrecido a los animales en dos porciones iguales 08:00 am y 15:00 pm. Se les proporcionó el alimento en base al 3% de su peso corporal y según su consumo se les ofrecía un 15% más del alimento al día siguiente.

En el alimento ofrecido se determinó: la materia seca (MS) en una estufa a 105°C (AOAC, 1997), extracto etéreo utilizando el Extractor XT10 de Ankom Technology, cenizas mediante la combustión en una mufla a 550°C durante tres horas (AOAC, 1997). La fibra detergente neutro y la fibra detergente ácido (FDN y FDA respectivamente) (Van Soest, 1991). La proteína cruda (PC) se determinó mediante el procedimiento micro-Kjeldahl (AOAC, 1997) y lignina por el método de Ankom Technology 4/11, basado en la técnica de Van Soest (1994), también se calculó la energía metabolizable usando valores reportados por el NRC (2007).

El estudio *in vivo*, tuvo una duración de 30 días, de los cuales 22 fueron de adaptación de las borregas y ocho para la recolección de muestras (heces, orina y alimento rechazado) para su análisis en el laboratorio. El último día del estudio, dos horas después de alimentarlos se procedió a tomar muestras de líquido ruminal para determinar pH, ácidos grasos volátiles (AGVs) y concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>).

#### 2.4.3. Diseño experimental y tratamientos

Los animales se asignaron en forma aleatoria a dos grupos en un diseño completamente al azar con dos tratamientos y diez repeticiones (n=10) por tratamiento. Los tratamientos fueron: T1. Testigo (dieta sin taninos a base de alfalfa, sorgo molido, cascarilla de soya, salvadillo, grano seco destilado y melaza, además de mezcla comercial mineral base Elita PR70 de MNA, Cuadro 1) y T2 dieta base con 4% de Taninos (SilvaFeed®).

El producto comercial SilvaFeed<sup>®</sup> usado para el estudio fue analizado en el laboratorio de Minerales y Nutrición Animal (MNA) de acuerdo con las técnicas de Deshpande y Cheryan (1985) y Sigleton y Rossi (1965), este producto contenía 92% MS, 71% de taninos condensados, 83% de fenoles totales, 8% de humedad y 4% de cenizas.

El porcentaje de los ingredientes de las dietas y su composición química se presentan en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Composición química de las dieta base (DB) sin taninos (T1) y DB con taninos (T2).

Ingredientes (%)	Tratamiento	
	DB S/TC	DB C/TC
Alfalfa	15	15
Sorgo molido	19.5	19.5
Sorgo	19.5	19.5
Cascarilla de soya	10	10
Salvadillo de trigo	23.5	19.5
Melaza	6	6
Grano seco destilado	2.5	2.5
Taninos	0	4
*Premezcla de minerales (Base Elita PR70)	4	4
Composición química (BS*)		
Materia Seca (%)	95.39	94.59
Proteína cruda (%)	14.19	14.41
EM, Mcal/kg**	2.4	2.5
Fibra Detergente Neutro (%)	31.97	32.62
Fibra Detergente Acido (%)	15.65	16.28
Extracto etéreo (%)	3.17	4.08
Cenizas (%)	6.45	6.95
Lignina Detergente Acido (%)	3.24	4.35

\* Composición de la premezcla mineral: <sup>2</sup>Premezcla: cloruro de amonio (500 g/kg), minerales traza (Fe, 4,000 mg/kg; Mn, 4,800 mg/kg; Zn, 5,460 mg/kg; Cu, 1,000 mg/kg; I, 140 mg/kg; Co, 16.6 mg/kg; Se, 16.4 mg/kg); vitamina A (12,000,000 U.I./ton) y vitamina E (1,200,000 U.I./ton).

\*Análisis en Base seca \*\*Calculado de tablas del NRC.

#### *2.4.4. Recolección y análisis de alimento, heces, orina, y líquido ruminal*

Se recolectaron muestras de alimento (ofrecido y rechazado), para su respectivo análisis.

##### *2.4.4.1. Recolección del Alimento ofrecido-rechazado*

El alimento ofrecido y rechazado (ocho días), se recolectó y almacenó para su posterior análisis. Se midió el alimento ofrecido y rechazado de cada animal pesándolo diariamente en una báscula.

##### *2.4.4.2. Análisis del Alimento ofrecido-rechazado*

El total del alimento ofrecido y rechazado por cada animal se mezcló, una vez mezclado se obtuvo una muestra representativa individual por animal y se secó en una estufa de aire circulante a 55°C durante aproximadamente 96 h.

Las muestras de alimento (ofrecido y rechazado), se molieron en un molino Wiley a través de una malla de 1 mm. Una vez molidas se procedió a su análisis, se determinó el contenido de MS en una estufa a 105°C (AOAC, 1997). El extracto etéreo se determinó por el método Goldfish y el contenido de cenizas mediante la combustión en una mufla a 550°C durante tres horas (AOAC, 1997). Los constituyentes de la pared celular (FDN, FDA y lignina) se analizaron usando el método de Goering y Van Soest (1991).

El contenido de nitrógeno del alimento se determinó mediante el procedimiento micro-Kjeldahl, calculando la proteína cruda como  $N \times 6.25$  (AOAC, 1997). El contenido de carbohidratos no-fibrosos (CNF) se calculó con la siguiente ecuación:  $CNF (\%) = MS - (PC + EE + FDN + Cenizas)$ .

En las heces y orina se colectó el volumen total de éstas congelándolas a -20°C hasta que se terminó el periodo de la colecta (8 días) para su respectivo análisis.

#### *2.4.4.3. Recolección de Heces*

Las heces se recolectaron y pesaron diariamente por la mañana de forma manual con ayuda de guantes, guardándose en bolsas de plástico para congelarlas a -20°C hasta completar el volumen total de heces de cada animal durante los 8 días. Como los animales estaban en jaulas metabólicas las heces de cada animal caían en recipientes de plástico que se encontraban debajo de las jaulas, de donde se recolectaban diariamente.

#### *2.4.4.4. Análisis de las heces*

Se procedió a descongelar el total de las heces recolectadas durante los ocho días de cada animal, mezclando individualmente cada muestra. Se tomó una muestra representativa de heces de cada animal, guardando las heces en bolsas de papel previamente etiquetadas (Figura 2.1). Estas muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C por 96 h en bolsas de papel para determinar la MS residual.

Posteriormente las muestras de heces secas se molieron en un molino Wiley a través de una malla de 1 mm, para realizar los siguientes análisis: MS en una estufa a 105°C (AOAC, 1997), después de secarse se procedió al análisis de extracto etéreo (método Goldfish) utilizando el Extractor XT10 de Ankom Technology, cenizas mediante la combustión en una mufla a 550°C durante 3 h (AOAC, 1997). Los constituyentes de la pared celular FDN y FDA se determinaron por la técnica de Van Soest (1991). El contenido de nitrógeno se determinó mediante el procedimiento micro-Kjeldahl, calculando la proteína cruda como  $N \times 6.25$  (AOAC, 1997).

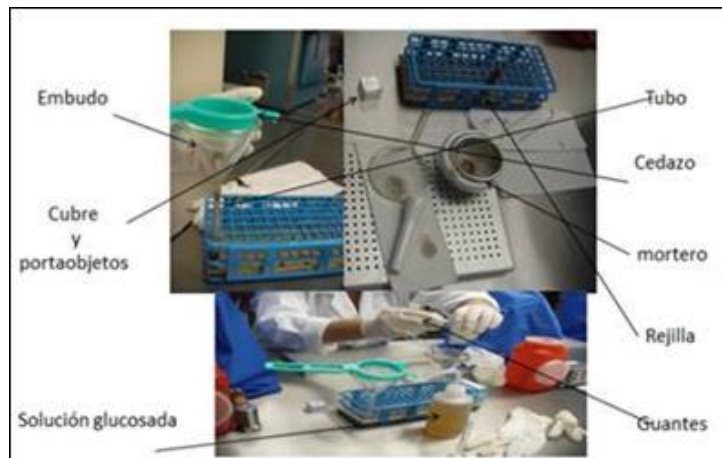


Figura 2.1. Material para examen coprológico de ovinos

#### 2.4.4.5. Recolección de Orina

Durante los ocho días de colecta, la orina de cada animal se recolectó en recipientes de plástico y se pesó diariamente, congelándola a una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ . Del total de la orina de cada animal se obtuvo una muestra representativa del 10%.

#### 2.4.4.6. Análisis de orina

Para su análisis, la orina fue descongelada a temperatura ambiente y filtrada a través de una capa de fibra de vidrio, se determinó el contenido de nitrógeno usando el método micro-Kjeldahl (AOAC, 1997), y se calculó el balance de nitrógeno mediante la siguiente formula: Balance de N (g/d) = N Consumido – (N heces + N orina).

También se recolectaron muestras de líquido ruminal por medio de sonda esofágica al final de experimento y se congelo a  $-20^{\circ}\text{C}$  para su posterior análisis.



#### 2.4.5. Recolección de líquido ruminal (pH, N-NH<sub>3</sub> y AGVs)

El líquido ruminal de cada animal se obtuvo mediante sonda esofágica dos horas después de ofrecer la comida de la mañana, se guardó en frascos de vidrio. Inmediatamente se midió el pH por medio de un potenciómetro Beckman y se congeló a -20 °C.

Para el análisis de las muestras de líquido ruminal, se procedió a descongelarlas a temperatura ambiente.

##### 2.4.5.1. Determinación de N-NH<sub>3</sub>

Se tomaron 4 ml del sobrenadante de líquido ruminal de cada muestra, se mezclaron con 1 ml al 25% (peso/volumen) de ácido metafosfórico (indicador interno) conteniendo aproximadamente 2 g de ácido 2-etilbutírico (estándar interno) por litro. Enseguida la mezcla se pasó a tubos eppendorf hasta completar 2 ml y se centrifugaron a 11,000 rpm durante 20 minutos. Posteriormente las muestras fueron procesadas para determinar N-NH<sub>3</sub> mediante absorbancia (630 nm) en un espectrofotómetro de luz ultravioleta visible modelo CARY-1E, Marca VARIN a 630 nanómetros. (McCullough, 1967).

Curva estándar

Concentración mg/dL	Absorbancia
Blanco	0.0004
2.50	0.081
5	0.1778
10	0.3692
15	0.5565
20	0.7411

Lineal fit: línea ajustada mg/dL = 26.7695y + 0.1468  
Coeficiente de correlación es de  $r^2 = 1.00$ ;  $r^2$  mínima = 0.96

##### 2.4.5.2. Determinación de AGVs

Para la determinación de ácidos grasos volátiles de cadena corta, de la fracción sobrenadante de los tubos eppendorf centrifugados se pasó a frascos de viales (1.5 a

2 ml). La concentración de ácidos grasos volátiles se determinó por cromatografía de gases (Bayer, 1961; Erwin *et al.*, 1961; Neir y Bonelli, 1969).

El análisis de los ácidos grasos volátiles se llevó a cabo en un cromatógrafo Hewlett Packard GC system Hp 6890 Serie, Series 7683, equipado con detector fid de ionización de flama a 230 °C con un flujo de hidrógeno 35 ml X min y 350 y una columna HP-FFAP película de 0.25 µm, 30 m de largo, y 0.25 mm de diámetro con un radio de 250. Con un inyector Split ration de 50.0 a temperatura de 210 °C y gas acarreador de nitrógeno 14 min x ml. La rampa del horno fue de 70 °C con las siguientes condiciones: Rampa 1: 70 °C x minuto, 70 °C temperatura, 0.00 min tiempo. Rampa 2: 20°C x min, 140 °C temperatura, 2.90 min tiempo. El estándar externo fue: ácido acético 50 mmolL<sup>-1</sup>; propiónico 15 mmolL<sup>-1</sup>; butírico 10 mmolL<sup>-1</sup> (Bayer, 1961; Erwin *et al.*, 1961; Neir y Bonelli, 1969).

#### 2.4.6. Determinación de parasitosis en las borregas

Como las borregas estaban previamente en pastoreo, se les realizó un examen copro-parasitológico por la técnica de flotación antes de iniciar el experimento, para asegurar que estuvieran parasitadas (Whitlock, 1948). En todas se observó la presencia de huevos de parásitos del orden *Strongylida*. Esta técnica de flotación consistió en tomar del recto de las ovejas 5 g de materia fecal la cual se colocó en un mortero para disgregar la muestra con solución hipertónica. Después se vertió la suspensión fecal homogénea en un tubo de ensayo hasta que se formó un menisco en la superficie. Se colocó un cubreobjetos y se dejó reposar por 15-20 min. Finalmente se colocó el cubreobjetos sobre un portaobjetos y se observó con microscopio para detectar la presencia de huevos de parásitos.

#### *2.4.6.1. Determinación de la carga parasitaria*

Para determinar la carga parasitaria se realizaron muestreos, antes de iniciar el estudio (día cero) y posteriormente cada 5 días, hasta completar los 30 días (7 muestreos). Se extrajeron heces fecales directamente del recto de las ovejas (aproximadamente 3-5 g) y se depositaron en bolsas de nylon, extrayendo el aire de las bolsas, las cuales se refrigeraron a 5 °C, posteriormente en el laboratorio se procedió a su análisis.

La carga parasitaria en las ovejas se determinó por la técnica del conteo de huevos (cámara McMaster). La cámara de conteo o placa McMaster tiene 4 receptáculos de 0.5 cm<sup>3</sup> de capacidad cada uno, lo que da un volumen total de 2 cm<sup>3</sup>. Se procedió a macerar las muestras de heces de cada animal en un mortero, una vez obtenido el macerado se colocó dentro de tubos con una solución de glucosa y se dejó reposar. Una vez preparadas las muestras de heces se procedió al llenado de las cámaras, con la ayuda de una pipeta con pera de goma, la cual se introdujo en el tubo con el contenido de la muestra, (previamente se agitó para permitir la distribución homogénea de huevos), se extrajo líquido del nivel medio de la muestra y no de la superficie, hasta que se completó el llenado de los 4 retículos de la cámara de Mc Master con la precaución de no dejar excesiva cantidad de burbujas de aire. Se dejó reposar 10 minutos y se procedió a su lectura con la ayuda del microscopio. Se contaron todos los huevos de nematodos que aparecieron en los 4 retículos. Los resultados se expresaron en huevos por gramo (Hpg) de materia fecal.

#### *2.4.6.2. Determinación de los niveles de hematocrito*

Se tomaron muestra de sangre de las borregas al iniciar el estudio y posteriormente cada 5 días durante 30 días, para determinar los niveles de hematocrito y determinar si presentaban anemia, como un indicador indirecto de la presencia de parásitos gastrointestinales. Este muestreo se realizó cuando las borregas estuvieron en las jaulas metabólicas, con la ayuda de agujas y jeringas para tubo vacutainer (donde se guardó la sangre). Una vez en el laboratorio se procedió al análisis de la sangre utilizando capilares o tubos de micro-hematocrito donde se colocaron las muestras de

sangre, enseguida se centrifugaron y finalmente se procedió a su lectura para determinar los niveles de hematocrito.

#### 2.4.7. Análisis estadístico

El análisis del conteo de huevecillos (McMaster) se realizó transformando las variables originales mediante logaritmo natural, de manera de cumplir con las suposiciones de normalidad y homogeneidad de varianzas, como los datos se expresaron como logaritmo natural y se analizaron por GLM, las medias de tratamiento fueron comparadas usando la prueba de Tukey. Los datos obtenidos para hematocrito se analizaron por medio de Proc Mixed y los de digestibilidad, balance de nitrógeno, AGVs, N-NH<sub>3</sub>, y pH, se analizaron con GLM. Todos estos análisis se realizaron con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis Systems Institute, 1990).

Los modelos utilizados para este estudio fueron **Proc Mixed**

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \delta_{j(i)} + P_k + (\tau P)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i=1,\dots,a; j=1,\dots, b; k=1,\dots, n;$$

Dónde:  $Y_{ij}$  = variable respuesta en observación k, repetición j, tratamiento i.

$\mu$  = media general.

$\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento.

$\delta_{j(i)}$  = error asociado con el j-esimo animal (sujeto) dentro del i-esimo tratamiento.

$P_k$  = efecto del k-esimo periodo.

$(\tau P)_{ik}$  = interacción tratamiento x periodo.

$\varepsilon_{ijk}$  = error aleatorio asociado con k-esima medida repetida dentro del j-esimo animal.

Modelo estadístico **GLM**: Los datos del: el modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad i=1,2,\dots,t \quad j= 1,2,3,\dots,r$$

Dónde:  $Y_{ij}$  = la variable dependiente o respuesta del tratamiento i, repetición j.

$\mu$  = es el efecto de la media general

$T_i$  es el efecto del tratamiento i

$\varepsilon_{ij}$  = es el error aleatorio, donde  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

## 2.5. RESULTADOS

### *Digestibilidad, consumo y balance de N*

No se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) en el consumo de materia seca (CMS), consumo de FDN de carbohidratos no fibrosos (CCNF), así como en la digestibilidad de la MS, digestibilidad de la FDN y balance de nitrógeno (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Consumo de MS, CFDN, CCNF, digestibilidad de MS y FDN

Variables	Dietas		
	DB S/TC	DB C/TC	EEM
Consumo MS (g/d)	1180.4 <sup>a</sup>	1448.2 <sup>a</sup>	148.95
CFDN (gd <sup>-1</sup> )	381.48 <sup>a</sup>	475.97 <sup>a</sup>	47.48
CCNF (gd <sup>-1</sup> )	530.84 <sup>a</sup>	611.38 <sup>a</sup>	63.34
Digestibilidad MS (%)	77.73 <sup>a</sup>	75.93 <sup>a</sup>	1.29
Digestibilidad de FDN (%)	64.98 <sup>a</sup>	62.19 <sup>a</sup>	2.33
Balance de Nitrógeno (gd <sup>-1</sup> )	8.75 <sup>a</sup>	10.19 <sup>a</sup>	1.86
Número de huevos por gramo de materia fecal (HPG)- McMaster	70.64 <sup>a</sup>	42.75 <sup>b</sup>	6.50
Hematocrito (%)	31.88 <sup>a</sup>	33.09 <sup>a</sup>	1.01

CFDN= consumo de FDN; EE= error estándar de la media; CCNF= consumo de carbohidratos no fibrosos.

<sup>ab</sup> literal diferentes en la misma fila indica que hubo diferencias significativas (P<0.05)

### 2.5.1. Variables ruminales (N amoniacal, AGVs, pH)

La concentración de ácidos grasos volátiles se muestra en el Cuadro 2.3. Se observaron diferencias entre tratamientos (P< 0.05) para ácido acético y butírico, pero no en el propiónico. La concentración de ácido acético fue mayor en la dieta con taninos (10.97mmolL<sup>-1</sup>), al igual que para el ácido butírico con una concentración de 11.57 mmolL<sup>-1</sup>.

Los valores de pH y la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) obtenidos en el líquido ruminal de las ovejas en gestación alimentadas con las dietas experimentales (con y sin taninos) no fue diferente (P>0.05) entre tratamientos (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Concentración de AGV, pH y N-NH<sub>3</sub> en las dos dietas

Variables ruminales	Dieta		
	DB S/TC	DB C/TC	EEM
Ac. acético mmolL <sup>-1</sup>	30.55 <sup>a</sup>	43.22 <sup>b</sup>	3.25
Ac. propiónico mmolL <sup>-1</sup>	7.29 <sup>a</sup>	10.97 <sup>a</sup>	1.47
Ac. butírico mmolL <sup>-1</sup>	7.32 <sup>a</sup>	11.57 <sup>b</sup>	1.22
pH ruminal	5.32 <sup>a</sup>	5.99 <sup>a</sup>	0.07
N-NH <sub>3</sub> ruminal mgdL <sup>-1</sup>	17.64 <sup>a</sup>	15.23 <sup>a</sup>	2.67

EEM: error estándar de la media

a, b Valores en las medias en el mismo renglón con distintas literales son diferentes (P≤ 0.05)

### 2.5.2. Cargas parasitarias y nivel de hematocrito

En la Figura 2.2 se muestran huevos del Orden *Strongylida*, así como el conteo de huevos de parásitos por gramo de materia fecal. En la Figura 2.3 se observa que los taninos condensados de SilvaFeed® (4%) adicionados a la dieta de las borregas, tuvieron efectos negativos ( $P < 0.05$ ) producción de huevos ya que hubo una reducción en el conteo de huevos de este parásito (*Strongylida*) a partir de la tercera semana de evaluación (70 a 42 hpg)

Figura 2. Fotografía tomada con microscopio compuesto donde se observan huevos de del Orden *Strongylida* cuya característica principal es que tienen forma ovalada y viable.



Figura 2.2. Huevos del Orden de *Strongylida*.

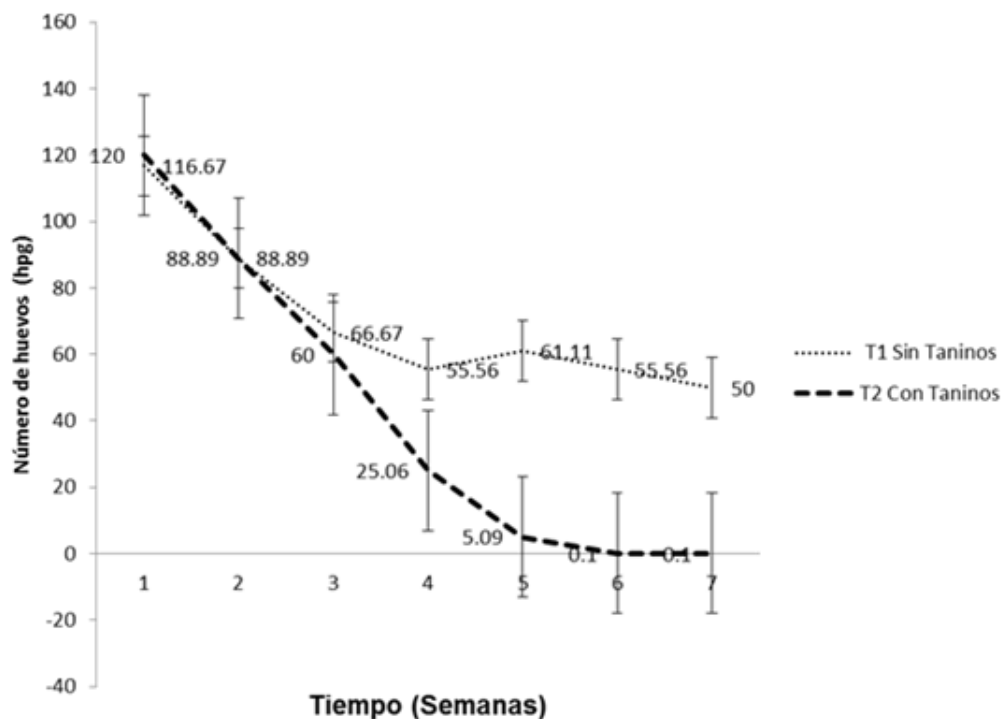


Figura 2.3. Efecto de Taninos Totales de SilvaFeed® en la reducción del conteo fecal de huevos de parásitos del Orden *Strongylida* durante 7 semanas

Los resultados obtenidos para hematocrito indican que no hubo diferencias ( $P > 0.005$ ) entre tratamientos. Los niveles de hematocrito de las borregas en este estudio fueron normales (31 y 33 %, respectivamente) por lo cual las borregas gestantes no presentaron problemas de anemia (Figura 2.4).



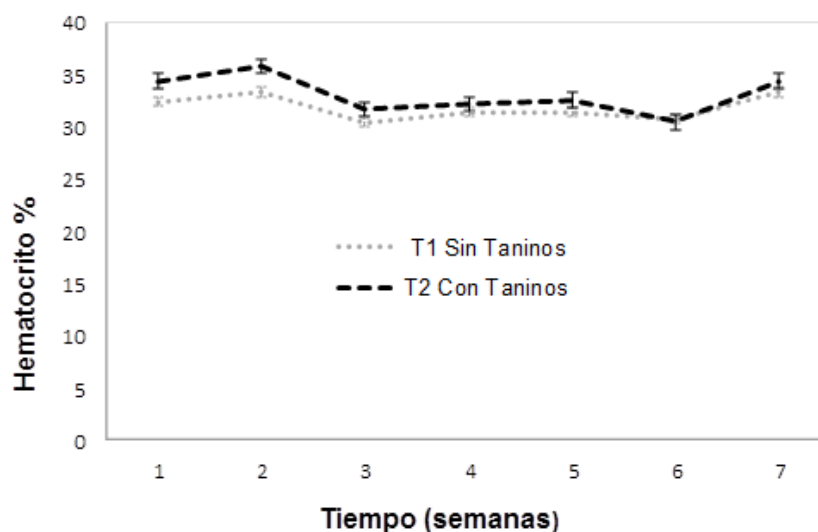


Figura 2.4. Niveles de hematocrito en ovejas gestantes

## 2.6. DISCUSIÓN

### 2.6.1. Consumo y digestibilidad

Los taninos condensados son un grupo complejo de compuestos fenólicos encontrados en una amplia gama de plantas forrajeras principalmente leguminosas. Más de 55 g de TC kg<sup>-1</sup> de MS, han demostrado reducir el consumo voluntario y la digestibilidad de los nutrientes en las ovejas. Sin embargo, al agregar extractos de taninos condensados a las dietas de ovejas en concentraciones moderadas como en este estudio, se ha observado que pueden tener efectos positivos sobre el animal y el valor nutritivo de los forrajes (Min *et al.*, 2003; Alonso-Díaz *et al.*, 2010; Méndez-Ortíz *et al.*, 2012; Torres-Acosta *et al.*, 2012).

La adición de extractos de taninos condensados en una proporción de 2 a 4.5% de la materia seca en la dieta tiene efectos benéficos en las ovejas al reducir la carga de parásitos gastrointestinales, además de tener efectos antioxidantes y no afectar la digestibilidad y el consumo de MS (Mueller-Harvey, 2006; Frutos *et al.*, 2000; Hervás *et al.*, 2000; Makkar, 2003; Attia *et al.*, 2013).

Al adicionar extractos de taninos condensados a la dieta de las borregas en gestación en porción del 4 % de la MS, no se afectó el consumo de MS y FDN debido al sabor del alimento, ni la digestibilidad de la MS y FDN, tampoco se vio afectado el balance de N. Estos resultados se pueden comprar con los de Smith *et al.* (2005); Hoste *et al.*, (2006); Perevolotsky *et al.* (2006); Alonso-Díaz *et al.* (2009) y Galicia-Aguilar *et al.* (2012), quienes mencionan que forrajes ricos en taninos y/o extractos de los mismos en cantidades moderadas (del 2 al 4 % de MS), no alteran el consumo de la materia seca en pequeños rumiantes (corderos, cabras y ovejas).

Estudios similares realizados por Attia *et al.* (2013) obtuvieron digestibilidades de la MS de 75 a 79 % y de FDN de 60-76%, lo cual coincide con este estudio en que fue de 75% y de 65%, respectivamente, con un pH de 5.5 lo cual es en un nivel adecuado para no afectar la digestibilidad en el rumen. De esta forma la inclusión de 2-4% de taninos condensados de la MS a la dietas de ovejas, puede mejorar la digestibilidad de los nutrientes debido a una reducción de la degradación ruminal de la proteína y por consecuencia hay más disponibilidad de aminoácidos que se absorben en el intestino delgado (Frutos *et al.*, 2004).

#### 2.6.2. Variables ruminales (N amoniacal, AGVs)

Frutos *et al.* (2004) reportan resultados similares para balance de N y nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) a los encontrados en este estudio, los cuales fueron de 8 a 12 g dL<sup>-1</sup> en el balance de N y de 15 a 23 mg dL<sup>-1</sup> para N-NH<sub>3</sub>. De acuerdo con Marwa *et al.* (2013) la concentración óptima de N-NH<sub>3</sub> para el adecuado crecimiento de la flora

microbiana ruminal y síntesis de proteínas es de 15 a 20 mg dL<sup>-1</sup>, estos valores similares a los encontrados en este estudio.

En relación a la concentración de ácidos grasos volátiles de cadena corta, los resultados mostraron que el ácido acético y butírico aumentó en el tratamiento con taninos, en tanto que el propiónico no varió, esto pudo deberse al tipo de dieta y a la concentración de taninos incluidos en éstas. Sin embargo, estudios han demostrado que la inclusión de taninos condensados a la dieta de los ovinos reduce considerablemente la producción de AGVs, debido a que se incluyen taninos por arriba del 4 % a las dieta, afectando negativamente a los microorganismos y a la fermentación en el rumen que es donde se lleva la mayoría de los procesos de la producción de estos AGVs. Concentraciones moderadas de taninos en las dietas tienen efectos favorables para el animal, así los taninos condensados no modificaron la concentración de los AGVs en este estudio. El pH se mantuvo constante y fue similar en ambos tratamientos, no se vio afectado al incluir los extractos de taninos, con un valor promedio de pH 5.5, resultados similares a los reportados por Hervás *et al.* (2003) y Mueller-Harvey (2006).

Con parasitosis altas se manifiestan dos síntomas: la disminución del apetito y el incremento de los requerimientos proteícos, esto último debido a la pérdida de nitrógeno por diversas vías (sangre, plasma y epitelio intestinal). De esta forma las parasitosis altas provocan desbalance proteico del animal debido a las lesiones que ocasionan las larvas y en condiciones extremas se puede llegar a estados de anorexia. Las cargas parasitarias que presentaron las borregas en este estudio no afectaron las condiciones de los animales, no hubo cuadros o signos de anemia, que repercutieran en su salud ya que los niveles de hematocrito en este estudio fueron entre 31.8 a 33% que son los que se reportan en la literatura como niveles normales en ovinos (Hoste *et al.*, 2006).

### 2.6.3. Carga parasitaria y nivel de hematocrito

En este estudio se redujo la carga parasitaria en ovejas gestantes al agregar extractos de taninos condensados como antiparasitarios a la dieta, de esta manera los taninos empleados en este estudio afectaron de manera negativa los huevos de los parásitos, al reducir la eclosión y excreción de éstos, también el desarrollo de las larvas en fase L<sub>3</sub>, reduciendo la carga parasitaria en las ovejas. Esto también ha sido observado por Villalba *et al.* (2010); Torres-Acosta *et al.* (2012); Méndez-Ortíz *et al.* (2012); Katiki *et al.*, 2013 y Villalba *et al.* (2013), quienes demostraron que extractos y plantas ricas en compuestos secundarios en especial los taninos condensados, reducen el número de huevos en las heces, afectando los procesos de eclosión de los huevos y disminuyendo el número de larvas de especies de parásitos como *Trichostrongylus*, *Haemonchus*, *Cooperia Strongyloides*, *Trichuris*, entre otros, la eficacia ha sido variable desde un 58.8% hasta un 90%.

El principal mecanismo de acción de los taninos condensados en las larvas es que afectan la biología del nematodo evitando que el parasito o larva desenvainé es decir se desarrolle, de esta forma limita el establecimiento de los parásitos en su sitio de acción impidiendo así continuar con sus ciclo evolutivo. (Torres-Acosta *et al.*, 2008 Hoste *et al.*, 2012; Sandoval-Castro *et al.*, 2012).

Ensayos realizados por Alonso-Díaz *et al.* (2008); Max *et al.* (2010); Burke *et al.* (2012) y Hoste *et al.* (2012) concluyen que los extractos de taninos condensados adicionados entre 2-3% han demostrado efecto antihelmíntico en ovinos, al reducir en hasta 90% los huevos por gramo de materia fecal, como ya se mencionó.

## 2.7. CONCLUSIÓN

La inclusión de 4 % de extractos de TC en la dieta fue efectiva para reducir el número de huevos de nematodos del Orden *Strongilos* en ovejas al final de la gestación. Por esto puede ser una alternativa sustentable ya que tiene beneficios para las ovejas sin

afectar el consumo voluntario, digestibilidad de la materia seca y variables ruminales (concentración de amoníaco, pH, AGVs).

La suplementación de los taninos tienen un efecto de eliminación de parásitos, y al mismo tiempo proteger las proteínas contra ataque microbiano rumen (Butter et al., 2000), lo que podría explicar algunos de los resultados obtenidos en este estudio. Además, no se observaron efectos negativos debido al consumo de los taninos en el consumo de MS, MS y digestibilidad de la FDN, hematocrito, N-equilibrio o las variables ruminales evaluados. La suplementación de 4% de SilvaFeed® en la dieta de ovejas reduce la carga parasitaria en el último tercio de la gestación.

## 2.8. LITERATURA CITADA

- Alemán, Y., Sánchez, L.M., Pérez. T., Rodríguez, Y., Olivares, J.L., Rodríguez, J.G. 2011. Actividad larvicida de extractos de *Rhizophora mangle* L. contra strongílidos gastrointestinales de ovinos. Rev Salud Anim. 33:111-115.
- Alonso-Díaz, M.A., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Hoste, H. 2010. Tannins in tropical tree fodders fed to small ruminants: A friendly foe?. Small Ruminant Res. 89:164-173.
- Alonso-Díaz, M.A., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Aguilar-Caballero, A.J., Hoste, H. 2008. *In vitro* larval migration and kinetics of exsheathment of *Haemonchus contortus* larvae exposed to four tropical tanniferous plant extracts. Vet Parasitol. 153, 313-319.
- Alonso-Díaz, M.A., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Hoste, H., Aguilar-Caballero, A.J., Capetillo-Leal, C.M. 2009. Sheep preference for different tanniferous tree fodders and its relationship with *in vitro* gas production and digestibility. Anim Feed Sci Technol. 151, 75-85.

- AOAC, 1997. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
- AOAC. 1999. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemist. 16th edition (5th revision). AOAC International, Gaithersburg, MD (Estados Unidos).
- Attia, M.F.A., El-Din, A.N.N., El-Shazly, K.A., Sallam, S.M. 2013. Effect of Quebracho Tannins Supplementation on Nutrients Utilization and Rumen Fermentation Characteristics in Sheep. *Alex. J Agric Res.* 58:165-171.
- Bayer, E. 1961. Gas Chromatography. D: Van Nostrand Co. LTD.
- Burkea, J.M., Millerb, J.E., Mosjidisc, J.A., Terrill, T.H. 2012. Grazing sericea lespedeza for control of gastrointestinal nematodes in lambs. *Vet Parasitol.* 186:507-512.
- Deshpande, S.S., Cheryan, M. 1985. Evaluation of Vainillin Assay for Tannin Analysis of Drye Beans. *J Food Sci.* 50:905-910.
- Erwin, E.S., Marco, G.J., Emery, E. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy. Sci.* 44:1768-1771.
- Frutos, P., Hervás, G., Giráldez, F.J., Fernández, M., Mantecón, A.R. 2000. Digestive utilization of quebracho-treated soya vean meal in sheep. *J. Agri. Sci.* 134:101-108.
- Frutos, P., Hervás, G., Giráldez, F.J., Mantecón, A.R. 2004. Reviw. Tannins and ruminant nutrition. *Span J Agric Res.* 2:191-202.
- Frutos, P., Hervás, G., Ramos, G., Giráldez, F.J., Mantecón, A.R. 2002. Condensed tannins content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. *Anim Feed Sci Tech.* 95:215-226.

- Galicia-Aguilar, H.H., Rodríguez-González, L.A., Capetillo-Leal, C.M., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A.J., Sandoval-Castro, C.A., Torres-Acosta, J.F.J. 2012. Effects of *Havardia albicans* supplementation on feed consumption and dry matter digestibility of sheep and the biology of *Haemonchus contortus*. *Anim Feed Sci Tech.* 176:178-184.
- García, D.E., Soca, M., María, G., Medina, M.G. 2005. Acción antihelmíntica de seis extractos de morera en la viabilidad de larvas infestantes (L3) de nemátodos gastrointestinales. *Pastos y Forrajes.* 28:319-328.
- Githiori, J.B., Hoglund, J., Waller, P.J., 2005. Ethnoveterinary plant preparations as livestock dewormers: practices, popular beliefs, pitfalls and prospects for the future. *Anim Health Res Rev.* 6:91-103.
- Hervás, G., Frutos, P., Giráldez, F.J., Mantecón, A.R., Álvarez del Pino, M.C. 2003. Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. *Anim Feed Sci Technol.* 109:65-78.
- Hervás, G., Frutos, P., Serrano, E., Mantecón, A.R., Giráldez, F.J., 2000. Effect of tannic acid on rumen degradation and intestinal digestion of treated soya bean meals in sheep. *J Agric Sci, Cambridge.* 135:305-310.
- Hoste, H., Jackson, F., Athanasiadou, S., Thamsborg, S., Hoskin, S.O., 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends Parasitol.* 32:253-261.
- Hoste, H., Martínez-Ortiz-De-Montellano, C., Manolaraki, F., Brunet, S., Ojeda-Roberto, N., Fourquaux, I., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A. 2012. Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections. *Vet Parasitol.* 186:18-27.
- Katiki, M.L., Ferreira, F.S.J., Gonzalez, M.J., Zajac, M.A., Lindsay, S.D., Chagas, S.A.C., Amarante, F.T.A. 2013. Anthelmintic effect of plant extracts containing

- condensed and hydrolyzable tannins on *Caenorhabditis elegans*, and their antioxidant capacity. *Vet Parasitol.* 192:218-227.
- Lisonbee, L.D., Villalba, J.J., Provenza, F.D. 2009. Effects of tannins on selection by sheep of forages containing alkaloids, tannins and saponins. *J Sci Food Agric.* 89:2668-2677.
- Makkar, H.P.S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins and strategies to overcome detrimental effect of feeding tannin rich feeds. *Small Ruminant Res.* 49:241-256.
- Marwa, F.A.A., Nour, E.I. Din, A.N., El-Shazly, K.A., Sallam, S.M. 2013. Effect of Quebracho Tannins Supplementation on Nutrients Utilization and Rumen Fermentation Characteristics in Sheep. *Alex J Agric Res.* 58:165-171.
- Max, R.A. 2010. Effect of repeated wattle tannin drenches on worm burdens, faecal egg counts and egg hatchability during naturally acquired nematode infections in sheep and goats. *Vet Parasitol.* 169:138-143.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clin. Chem.* 17:297-304.
- Méndez-Ortíz, F.A., Sandoval-Castro, C.A., Torres-Acosta, J.F.J. 2012. Short term consumption of *Havardia albicans* tannin rich fodder by sheep: Effects on feed intake, diet digestibility and excretion of *Haemonchus contortus* eggs. *Animal Feed Science and Technology.* 176:185-191.
- Min, B.R., Barry, T.N., Attwood, .GT., McNabb, W.C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim Feed Sci Tech.* 106:3-19.
- Muela, C.R., Aguirre, E., Salvador, F., Ruiz, O., Arzola, C., La, O.O., Villalobos, C. 2010. Producción de gas, ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal in vitro



- con dietas basadas en pasto seco. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 4: 251-259.
- Mueller-Harvey, I. 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *J Sci Food Agric*. 86:2010-2037.
- Neir, H.M.Mc., Bonelli, E.J. 1969. *Basic gas chromatography*. 2nd. Varian Instruments Division Offices.
- NRC (National Research Council) 2007. *Nutrient requirements of small sheep, goats, cervids, and new world camelids*. The National Academy Press. Washington, D.C.362 p.
- Perevolotsky, A., Landau, S., Silanikove, N., Provenza, F. 2006. Upgrading tannin-rich forages by supplementing ruminants with polyethylene glycol (PEG). In: Sandoval-Castro, C.A., DeB Hovell, F.D., Torres-Acosta, J.F.J., Ayala-Burgos, A. (Eds.), *Herbivores: The Assessment of Intake, Digestibility and The Roles of Secondary Compounds*. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 221-233.
- Sandoval-Castro, C.A., Torres-Acosta, J.F.J., Hoste, H., Salem, A.Z.M., Chan-Pérez, J.I. 2012. Using plant bioactive materials to control gastrointestinal tract helminths in livestock. *Anim Feed Sci Tech*. 176:192-201.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. *SAS Proceeding Guide, Version 9.0* SAS Institute. Cary NC.USA.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. *SAS Proceeding Guide, Version 9.0* SAS Institute. Cary NC.USA.
- Sigleton, S.L., Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic*. 16:144-158.
- Smith, A.H., Zoetendal, E., Mackie, R.I. 2005. Bacterial mechanisms to overcome inhibitory effects of dietary tannins. *Microb Ecol*. 50:197-205.

- Sykes, A.R. 1994. Parasitism and production in farm animals. *Anim Prod.* 59:155-172.
- Torres-Acosta, J.F., Villarroel-Álvarez, M.S., Rodríguez-Arévalo, F., Gutiérrez-Segura, I., Alonso-Díaz, MA. 2003. Diagnóstico de nematodos gastrointestinales resistentes a bencimidazoles e imidazotiazoles en un rebaño caprino de Yucatán, México. *Rev Biomed.* 14:75-81.
- Torres-Acosta, J.F.J, Alonso-Díaz, M.A.A., Hoste, H., Sandoval-Castro, C.A., Aguilar-Caballero, A.J. 2008. Efectos negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. *Tropical and Subtropical Agroecosystem.* 9:83-90.
- Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Hoste, H., Aguilar-Caballero, A.J., Cámara-Sarmiento, R., Alonso-Díaz, M.A. 2012. Nutritional manipulation of sheep and goats for the control of gastrointestinal nematodes under hot humid and subhumid tropical conditions. *Small Ruminant Res.* 103:28-40
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant.* 2nd ed. Cornell University. Cornell University Press.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B; Lewis, B.A. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Villalba, J.J., Miller, J., Hall, J.O., Clemensen, A.K., Stott, R., Snyderd, D., Provenza, F.D. 2013. Preference for tanniferous (*Onobrychis viciifolia*) and non-tanniferous (*Astragalus cicer*) forage plants by sheep in response to challenge infection with *Haemonchus contortus*. *Small Ruminant Res.* 112:199-207.
- Villalba, J.J., Provenza, F.D., Hall, J.O., Lisonbee, L.D. 2010. Selection of tannins by sheep in response to gastrointestinal nematode infection. *J Anim Sci.* 88: 2189-2272.

Whitlock, H.V., 1948. Some modifications of the McMaster helminth egg counting technique and apparatus. J Council Sci Ind Res Aust. 21:177-80.

Zárate, R.J.J. 1994. Evaluación de tres antihelmínticos en rumiantes en el municipio de Aldama, Tamaulipas. XII Encuentro Regional de Investigaciones Biomédicas. Facultad de Medicina, UANL. Monterrey, N.L.

## **CAPITULO III**

**EFFECTO DE UN EXTRACTO DE TANINOS EN LA CARGA  
PARASITARIA, COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y RENDIMIENTO  
DE LA CANAL EN OVINOS**

**EFFECT OF CONDENSED TANNINS ON THE PARASITE LOAD AND  
PRODUCTIVE PERFORMANCE OF LAMBS**

## CAPITULO III

### EFEECTO DE UN EXTRACTO DE TANINOS EN LA CARGA PARASITARIA, COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL EN OVINOS

Ricardo Martínez Martínez, Dr.  
Colegio de Postgraduados, 2015

#### 3.1. RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad de usar taninos condensados (TC) comerciales SilvaFeed® como parasiticida contra nematodos gastrointestinales (NGI) de ovinos. Se utilizaron 33 ovinos machos (Pelibuey) con un peso promedio inicial de  $20 \pm 2.5$  kg. Se usó un diseño totalmente aleatorizado con 11 réplicas por tratamiento. Los tratamientos fueron: T1. testigo dieta base (DB), T2. DB con un antiparasitario comercial (Benzimidazol) y T3. DB con inclusión de 4% de extracto de TC. Las variables evaluadas fueron: carga parasitaria (hpg), hematocrito (%), identificación de géneros de NGI, comportamiento productivo [consumo de la materia seca (CMS), consumo de la fibra detergente neutro (CFDN), consumo de la fibra detergente ácido (CFDA), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), eficiencia alimenticia (EA), espesor de la grasa dorsal (EGD) y área del musculo del ojo de la costilla (AM)], líquido ruminal (pH,  $\text{NH}_3\text{-N}$ , AGVs), digestibilidad *in vivo* de nutrientes (MS, PC, FND, FAD), balance y retención de nitrógeno (BN y RN), rendimiento de la canal de los ovinos [peso vivo al sacrificio (PVS), peso vivo vacío (PVV), peso canal caliente (PCF), rendimiento canal caliente (RCC), rendimiento canal fría (RCF), rendimiento biológico cana caliente (RBCC) y rendimiento biológico cana fría (RBCF)], además de niveles de antioxidantes en plasma. Los datos obtenidos se analizaron mediante PROC-MIXED y GLM empleando el paquete estadístico de SAS, las diferencias entre las medias se determinaron con la prueba de Tukey. Los resultados mostraron que la inclusión de 4% de TC a las dietas redujo la carga parasitaria en 66%, en tanto que el nivel de hematocrito fue normal (34%). Los géneros de parásitos (larvas L<sub>3</sub>) encontrados en los coprocultivos en este estudio fueron: *Haemonchus*, *Teladorsagia*, *Trichostrongylus*, *Nematodirus*, *Cooperia*, *Bunostomum*, *Oesophagostomum* y *Chabertia*. El CMS, CFDN y CFDA con TC en las dietas fue de  $1.2 \text{ kg d}^{-1}$ ,  $282.4 \text{ g d}^{-1}$  y  $128 \text{ g d}^{-1}$  respectivamente, en tanto que la GDP, CA, CCNF, AM y EGD no fueron diferentes entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). Los TC no afectaron el pH ruminal,  $\text{NH}_3\text{-N}$  y la concentración de AGVs ( $P < 0.05$ ). La digestibilidad *in vivo* de la MS, PC, FND y FDA no disminuyó con la inclusión de TC ( $P > 0.05$ ). El BN y RN disminuyeron en el T3 ( $3.58 \text{ g d}^{-1}$  y  $16.32 \% \text{ N}$  en alimento respectivamente). El rendimiento de la canal no fue diferente entre tratamientos para PVS, PVV, PCF, RCC, RCF, RBCC, RBCF, pH, a excepción del PCC donde el tratamiento con taninos tuvo un peso de 18.47 kg. Tampoco hubo diferencias entre tratamientos para los niveles de antioxidantes en plasma sanguíneo ( $P > 0.05$ ). La inclusión de 4% de TC a la dieta de ovinos en crecimiento no afectó las variables productivas, ni el rendimiento de la canal, sin embargo, redujo la carga parasitaria de NGI en ovinos.

**Palabras clave:** Nematodos gastrointestinales, ovinos, taninos condensados.

# EFFECT OF CONDENSED TANNINS ON THE PARASITE LOAD AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF LAMBS

Ricardo Martínez Martínez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

## 3.2. ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the feasibility of using condensed tannins (CT) Commercial SilvaFeed® as a deworming agent against gastrointestinal nematodes (NGI) in lambs. 33 Pelibuey male lambs were used in this experiment, with an initial body weight of  $20 \pm 2.5$  kg. A completely randomized design was used with 11 replicates per treatment. The treatments were: T1: Control diet (CD); T2: CD with a commercial deworming agent (Benzimidazole), and T3: CD with the inclusion of 4% CT extract. The variables evaluated were: parasite load (hpg), hematocrit (%), gender identification of gastrointestinal parasites, as well as dry matter intake (DMI), daily weight gain (DWG), feed conversion (FC), feed efficiency (FE), back fat thickness (BFT) and rib eye muscle area (EMA). Ruminal fluid (pH,  $\text{NH}_3\text{-N}$ , VFA). DM, CP, NDF, ADF digestibility, and nitrogen balance (BN). Lamb carcass yield [live weight at slaughter (LWS), empty body weight (EBW), hot carcass weight (HCW), cold carcass weight (CCW), hot carcass performance (HCP), cold carcass weight (CCW), hot carcass biological performance (HCBP) and biological performance of cold carcass (BPCC)], as well as antioxidant levels in plasma. Data were analyzed by PROC-MIXED and GLM using SAS, differences between means were determined by Tukey's test. The results showed that the inclusion of 4% TC diets reduced the parasite load by 66%, while the hematocrit level was normal (34%). Parasites of the genus (larvae  $L_3$ ) found in this study were: *Haemonchus*, *Teladorsagia*, *Trichostrongylus*, *Nematodirus*, *Cooperia*, *Bunostomum*, *Oesophagostomum* and *Chabertia*. DMI with the diet containing CT was  $1.2 \text{ kg d}^{-1}$ , while DWG, FC, EMA and BFT were not different between treatments ( $P > 0.05$ ). The CT did not affect ruminal pH,  $\text{NH}_3\text{-N}$  or VFA concentration ( $P < 0.05$ ). Digestibility of DM, CP NDF and ADF did not decrease with the inclusion of CT ( $P > 0.05$ ). The RN and BN decreased when CT were added to the diet ( $3.58 \text{ g d}^{-1}$  and  $16.32\% \text{ N}$  respectively). The carcass yield was not different between treatments for LWS, EBW, HCP, CCP, CCW, HCBP, BPCC, pH, except for HCW where treatment with tannins had a weight of 18.47 kg. There were no differences between treatments for antioxidant levels in plasma ( $P > 0.05$ ). The inclusion of 4% TC to the diet of growing lambs did not affect production variables, nor the carcass yield, however the parasite load of gastrointestinal parasites was reduced.

**Keywords:** Gastrointestinal nematodes, lambs, condensed tannins.

### 3.3. INTRODUCCIÓN

En México, la producción de ovinos generalmente se desarrolla en sistemas semi-extensivos tanto en clima tropical como templado, en los cuales se presentan problemas de salud, una de las enfermedades más frecuentes son las causadas por nematodos gastrointestinales (NGI), repercutiendo en la productividad de los animales (carne, leche y lana, Alonso-Díaz *et al.*, 2010; Sandoval-Castro *et al.*, 2012).

Actualmente el control de la parasitosis de NGI se realiza casi exclusivamente a través de la aplicación masiva de antiparasitarios (antihelmínticos). Hasta hace poco estos productos químicos habían sido eficaces, prácticos y seguros para mejorar la productividad y el bienestar de los ovinos, sin embargo, la aparición de NGI resistentes a estas drogas, así como la problemática de los residuos de éstos en productos de origen animal (carne y leche) están obligando a buscar alternativas más sostenibles (Alonso-Díaz *et al.*, 2010). Algunos autores mencionan la utilización de plantas forrajeras y/o árboles con propiedades o sustancias bioactivas para usarse como antiparasitarios (Martínez-Ortíz-de-Montellano *et al.*, 2010).

Durante los últimos años los remedios a base de hierbas denominadas nutraceuticos (cualquier elemento o ingrediente de los alimentos principalmente de origen vegetal que no es tóxico y que tiene un efecto benéfico y preventivo) contra las parasitosis en animales han adquirido interés científico. La alimentación animal tradicional a base de forrajes principalmente arbóreas leguminosos en ovinos, está asociada con un efecto benéfico para la salud del animal, ya que estos forrajes contienen taninos condensados (TC) y otros polifenoles que pueden ser utilizados como antihelmínticos para pequeños rumiantes (Martínez-Ortíz-de-Montellano *et al.*, 2013). De esta manera, los TC pueden ser benéficos o perjudiciales para los ovinos, dependiendo de cuáles se usen en las dietas y de cuánto consume el animal diariamente. La manipulación nutricional de ovinos para el control de NGI puede ayudar a reducir la dependencia de antihelmínticos convencionales (Alonso-Díaz *et al.*, 2012).

El efecto de los compuestos secundarios como los TC es reducir el recuento fecal de huevos, la población de parásitos en el tubo digestivo y la viabilidad de las larvas. Se sabe que altas concentraciones de TC tienen efectos negativos, pero en cantidades moderadas (2% a 4% en la dieta) tienen beneficios en la salud y en la productividad de los ovinos (García 2003).

En el presente trabajo se evaluó la actividad antiparasitaria del extracto de taninos condensados de SilvaFeed<sup>®</sup> en una inclusión de 4% en la dieta de ovinos en crecimiento, así como el comportamiento productivo y su efecto en el rendimiento de la canal.

### **3.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### *3.4.1. Localización del experimento*

El estudio se realizó de octubre de 2014 a febrero de 2015 en las instalaciones de la granja de ovinos del Colegio de Postgraduados Campus-Montecillo, Estado de México (19°28 4.26 LN, 98°53 42.18" LO, y 2250 msnm). Con clima templado sub-húmedo con lluvias en verano, precipitación y temperatura media anual de 636.5 mm y 15.2°C respectivamente (García 2004).

#### *3.4.2. Diseño experimental y tratamientos*

El diseño de esta investigación fue completamente al azar con tres tratamientos y once repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron: T1. testigo (dieta base), T2. dieta base con un antiparasitario comercial benzimidazol y T3. dieta base con inclusión de 4% de extracto de taninos condensados.



Los animales fueron distribuidos considerando el peso inicial dividiéndose en tres grupos de 11 animales, estos grupos fueron asignados al azar a uno de los tres tratamientos evaluados.

El extracto de los taninos condensados (SivaFeed<sup>®</sup>) contenía 7.78% de humedad, 3.67% de cenizas, 70% de taninos condensados y 21.7% de fenoles totales (Laboratorios AQUA, Análisis Químico Agropecuario, S.A. de C.V).

### 3.4.3. Animales y manejo

Se utilizaron 33 corderos machos de pelo (Pelibuey) infectados naturalmente con nematodos gastrointestinales, con un peso inicial de  $20 \pm 2.5$  kg, y una edad promedio de 4.5 meses. Para estar seguros que todos los animales estaban parasitados, se realizó una prueba denominada de flotación (Hendrix y Robinson, 2006).

Antes de iniciar el experimento los animales recibieron una dosis de bacterina (Bobact-8, 2.5 ml animal<sup>-1</sup>, vía intramuscular), vitaminas ADE (1 ml 50 kg<sup>-1</sup> PV vía intramuscular) y se desparasitaron los animales del tratamiento 2 con benzimidazol (sulfóxido de albendazole, antiparasitario interno para ovinos con efecto ovida, 3.75 mg kg pv<sup>-1</sup>), aplicándoles 1 ml 40 kg<sup>-1</sup> de peso vivo vía subcutánea (Cuadro 3.1), los grupos T1 y T3 no se desparasitaron.

Cuadro 3.1. Grupo de antihelmínticos para ovinos.

Grupo	Principio activo	Vía de Administración
Bencimidazoles	Albendazol	Oral
	Fenbendazol	Oral
	Oxfendazol	Oral
	Sulfóxido de albendazol	Subcutánea

Tomado de Cuéllar (2005)

Los animales se alojaron en corrales individuales de 1.5 x 2 m los cuales estaban provistos de piso de cemento, con comedero y bebedero cada uno. Los corderos fueron pesados al iniciar el experimento y después cada 12 días en ayuno, durante todo el experimento (60 días). Los animales tuvieron 20 días de adaptación a las dietas experimentales.

#### 3.4.4. Alimentación (*Ingredientes y dietas*)

Las dietas fueron formuladas de acuerdo a los requerimientos nutricionales para ovinos en crecimiento (dietas iso-proteicas 15% PC e iso-energéticas 2.5 EM) con tablas del National Research Council (2007, Cuadro 3.2).

Las dietas se prepararon cada 15 días con la finalidad de que no estuvieran mucho tiempo almacenadas. Cada dieta se preparó individualmente en una tolva mezcladora modelo RP (Básculas, Revuelta Maza, S.A. de C.V) con capacidad para 500 kg, posteriormente las dietas preparadas se guardaron en una bodega pequeña seca y ventilada, evitando que los costales tuvieran contacto con el piso.

El alimento se ofreció a los animales dos veces al día, en la mañana a las 8:00 am y por la tarde a las 15:00 pm, proporcionándoles 60% y 40% del alimento total respectivamente, con agua *ad libitum*. El consumo y rechazo de alimento fue registrado diariamente ajustando lo que el animal requería diariamente.

Cuadro 3.2. Ingredientes y composición química (g 100<sup>-1</sup> MS) de las dietas experimentales en porcentaje.

Ingredientes (%)	Tratamiento (BS)		
	T1	T2	T3
Maíz amarillo molido	56	56	55
Rastrojo de maíz	12	12	10
Alfalfa achicalada	15	15	13
Melaza	5	5	5
Pasta de soya	2	2	2
*Premezcla de minerales	10	10	11
Taninos condensados	0	0	4
<b>**Composición química (g 100g<sup>-1</sup> MS)</b>			
Materia Seca (%)	80.59	80.59	82.05
EM (Mcal kg <sup>-1</sup> )	2.83	2.83	2.73
Proteína cruda (%)	15.22	15.22	15.14
Extracto etéreo (%)	3.18	3.18	3.06
Cenizas (%)	6.43	6.43	10.17
FDN (%)	25.49	25.49	25.19
FDA (%)	11.07	11.07	11.31
Carbohidratos no estructurales (%)	51.01	51.01	50.31

BS. base seca, T1. testigo (dieta base), T2. dieta base con un antiparasitario comercial benzimidazol y T3. dieta base con inclusión de 4% de extracto de taninos condensados.

\*Composición de la premezcla mineral: Ca 24.00%, Cl 12.00%, P 3.00%, Mg 2.00%, K 0.50 %, S 0.50 %, Na 8.00 %, Zn 5,000 mg, Co 60mg, Cr 5.00 mg, Fe 2,000 mg, Mn 4,000 mg, Se 30 mg, I 100 mg, Vitamina A 500,000 UI, Vitamina D 300,000 UI, Vitamina E 1,000 UI, Lasolacida 2000mg.

\*\* Calculado de tablas del NRC 2007.

### 3.4.5. Determinación de carga parasitaria de *NGI* en ovinos

#### 3.4.5.1. Conteo de huevos en heces (hpg)

La carga parasitaria se determinó mediante el conteo de huevos en heces (placa McMaster), al inicio del estudio y posteriormente cada 12 días hasta los 60 días (Ojeda-Robertos *et al.*, 2008).

Las muestras de heces fueron colectadas directamente del recto del animal (de 5 a 15 g), con la ayuda de guantes de látex. Se identificaron y guardaron en bolsas de plástico de polietileno, inmediatamente después fueron trasladadas en una hielera con

refrigerante al laboratorio de Parasitología (FMVZ, UNAM). En el laboratorio las muestras fueron analizadas con la técnica cuantitativa de McMaster, se determinó el número de huevos de NGI por gramo de materia fecal con un microscopio (Thienpont *et al.*, 1986). Hansen y Perry (1994) clasificaron los niveles de infestación en las siguientes categorías:

Negativos= 0 hpg

Infestación Leve= 50 a 200 hpg

Infestación Moderada= 200 a 800 hpg

Infestación Alta= > 800 hpg

#### 3.4.5.1.1. Técnica de McMaster

La cámara de McMaster que se utilizó, está constituida por un portaobjetos y un cubreobjetos unidos, formando dos cámaras, cada cámara tiene marcado un cuadrado de 1 cm<sup>2</sup> con seis divisiones. La cámara tiene una profundidad de 1.8 mm y una capacidad de 0.15 ml sumando ambas cámaras da un volumen de 0.30 ml (Figura 3.1).

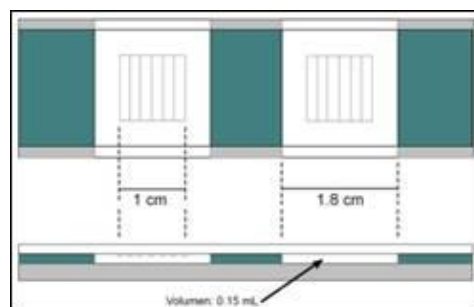


Figura 3.1 Cámara de McMaster (Thienpont *et al.*, 1986).

Se usaron los siguientes materiales y equipos: tubos/vasos, solución saturada de cloruro de sodio (NaCl), gasa, cuchara de aluminio, gotero, tapa, microscopio compuesto y una de cámara de McMaster.

En los vasos se pesaron y se colocaron dos g de materia fecal de ovinos, se les agregó una solución salina de NaCl, inmediatamente después los vasos fueron tapados y se agitaron hasta que se homogenizó la mezcla, posteriormente se les colocó una gasa y con un gotero se tomó la muestra procediendo al llenando de las cámaras McMaster, antes de leer al microscopio se dejaron reposar de 3 a 5 min (Figura 3.2).

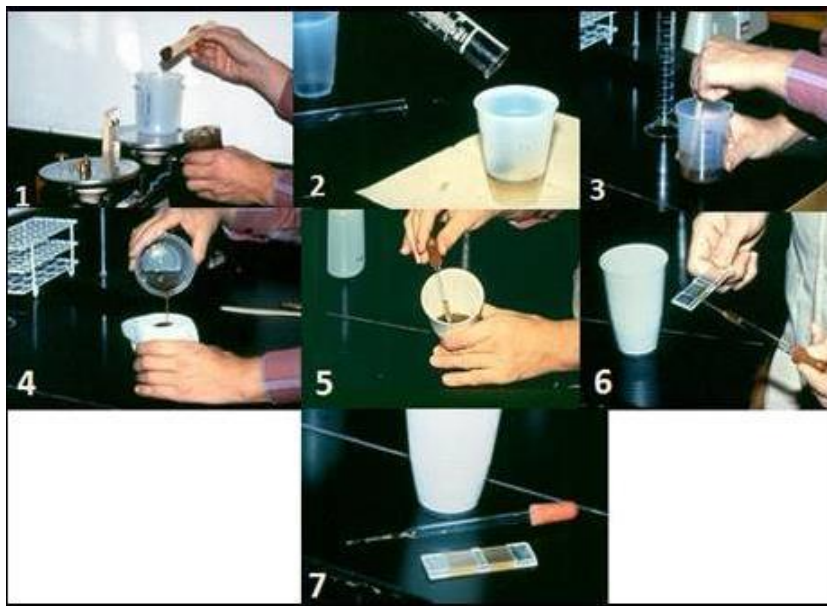


Figura 3.2. Procedimiento paso a paso de la técnica McMaster (Foto fuente [www.rvc.ac.uk](http://www.rvc.ac.uk)).

Pasado los 5 min., se colocó la cámara de McMaster en el microscopio compuesto enfocando las cuadrículas con el objetivo 10x. Las lecturas se realizaron enfocando el ángulo superior derecho del cuadro, se fue subiendo y bajando por cada carril hasta terminar con las seis divisiones de la primera cámara, se anotó el número de huevos de nematodos encontrados y se hizo lo mismo con la siguiente cámara (Figura 3.3). Un

huevo de NGI fue equivalente a 50 hpg, y para la obtención del total de números de hpg, se sumaron los huevos encontrados y se multiplicaron por 100.

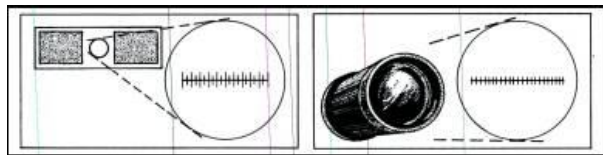


Figura 3.3. Diagnóstico de las helmintiasis por medio del examen coprológico con un microscopio. Imagen tomada de D. Thiempont *et al.* (1986).

#### 3.4.6. Coprocultivo para identificar los géneros de larvas

Se identificaron los géneros de NGI, aislando las larvas L<sub>3</sub> mediante la técnica de coprocultivo. Las larvas L<sub>3</sub> obtenidas fueron identificadas por sus características morfológicas (tamaño, forma, número de células intestinales, estructuras del extremo anterior y posterior) (De la Jara y Serón, 1980).

##### 3.4.6.1. Coprocultivo

La técnica de coprocultivo se realizó simulando de manera artificial la humedad, temperatura y oxigenación necesarias para que los huevos de NGI se desarrollaran a L<sub>3</sub> (tal y como lo hacen en el suelo en condiciones naturales). Se ocuparon los siguientes materiales y equipo: vaso de plástico, aserrín estéril, cuchara de aluminio, aparato de Baermann, vidrio de reloj, agua tibia sin cloro, lugol, pipetas Pasteur y un microscopio compuesto.

Los vasos donde se llevaron a cabo los coprocultivos fueron etiquetado con los siguientes datos: número del animal, fecha de entrada y de salida del coprocultivo. Se pesaron 5 g de heces en cada vaso de plástico, enseguida se les agregó una

cucharada de aserrín y unas gotas de agua, posteriormente se mezclaron con la ayuda de una cuchara. Las mezclas fueron colocadas dentro de la estufa de cultivo a una temperatura de 27°C de 10 a 12 días con humedad relativa de 70%, el tiempo suficiente en que los huevos de los NGI se desarrollaron hasta L<sub>3</sub>. Los cultivos se revisaron diariamente, procurando que la humedad en el interior de los vasos fuera constante, moviendo el contenido con una cuchara para oxigenar los coprocultivos.

Transcurrido los días mencionados los cultivos se depositaron en aparatos de Baermann donde se dejaron reposar por ocho h, posteriormente se quitó la pinza Möhr y de cada aparato Baermann y se obtuvieron los sobrenadantes en un vidrio de reloj (Figura 3.4).



Figura 3.4. Aparato de Baermann, para obtener larvas

Para el conteo y la identificación de las larvas L<sub>3</sub> de NGI de cada animal (Figura 3.5), se homogenizaron los sedimentos que había en los vidrios de reloj y se extrajeron las larvas (L<sub>3</sub>) con una pipeta Pasteur (50 µl aproximadamente), las cuales se colocaron en portaobjetos agregándoles unas gota de lugol para la fijación de las larvas, posteriormente se realizaron las lecturas e identificación de los géneros de las larvas en un microscopio estereoscópico con el objetivo (10x y 40x).

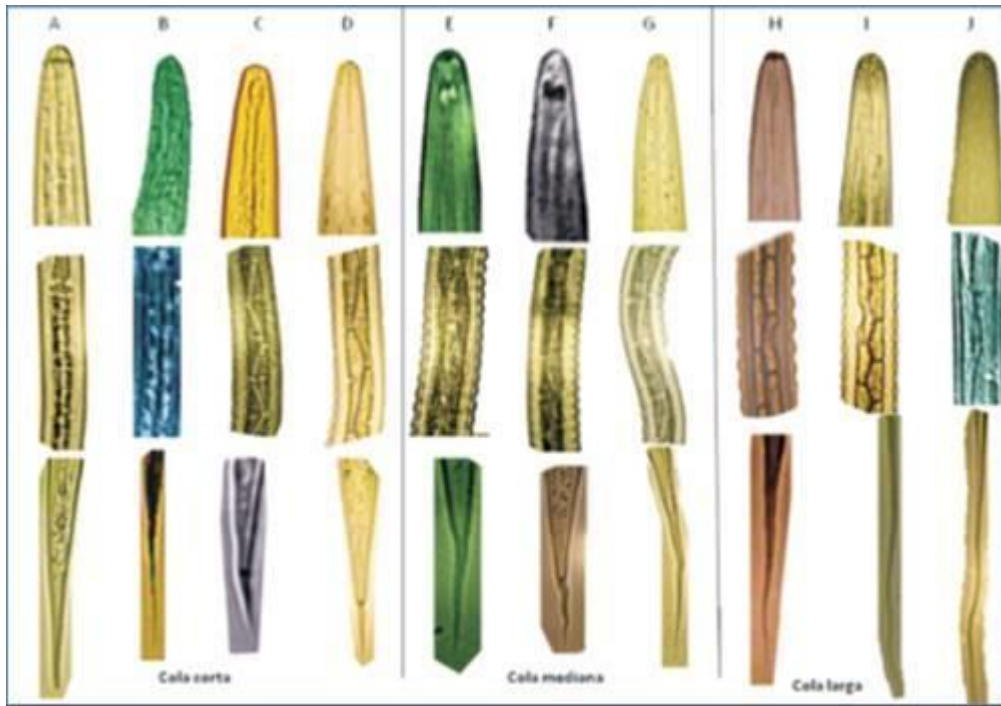


Figura 3.5. Características morfológicas de la extremidad, media y posterior de los diferentes géneros de larvas L<sub>3</sub> de nematodos gastrointestinales en ovinos: A. *Strongyloides* spp, B. *Bunostomum* spp, C. *Trichostrongylus* spp, D. *Teladorsagia* spp, E. *Cooperia* spp, F. *Mecistocirus digitatus*, G. *Haemonchus* spp, H. *Cabertia ovina*, I. *Oesophagostomum* spp, J. *Nematodirus* spp. (Liebano, 2010).

#### 3.4.7. Hematocrito

Para la determinación de los niveles de hematocrito en los ovinos, se tomaron muestras de sangre al inicio y cada 12 días durante la fase experimental (Schalm, 1964; IICA-OEA, 1987).

La extracción de la muestra de sangre (4 mL) se obtuvo directamente de la vena yugular del animal, limpiando cuidadosamente esta zona para evitar posible contaminación. Por cada animal, se empleó una aguja y un tubo vacutainer que contenía anticoagulante EDTA (etilendiamino-tetracético). (Hansen y Perry, 1994).



El valor de hematocrito hace referencia a la cantidad de eritrocitos presentes en sangre. Su valor se da en porcentaje y en el caso de los ovinos oscila entre 25% y 50% (Cuadro 3).

Cuadro 3. 3. Valores para de los parámetros de plasma sanguíneo en ovinos

Parámetros	Valores normales Ovinos	Promedio
Eritrocito mil/mm <sup>3</sup>	8-16	12
<b>Hematocrito (%)</b>	<b>24-50</b>	<b>38</b>
Leucocitos mil/mm <sup>3</sup>	6-16	12
Neutrófilos juveniles (%)	0-2	.5
Neutrófilos segmentados (%)	30-48	36.5
Linfocitos (%)	50-70	55
Eosinófilos (%)	3-8	5
Monocitos (%)	1-4	2.5
Basófilos (%)	0-3	.1

#### 3.4.7.1. Procesamiento de las muestras de sangre para determinar *hematocrito*

En tubos capilares de 75 mm de longitud y de 1,5 mm de diámetro interior, se llenaron aproximadamente  $\frac{3}{4}$  de sangre muestreada, inmediatamente después fueron centrifugados a alta velocidad, entre 11000 y 13000 rpm durante 5 min (en ese momento se obtiene un volumen constante de eritrocitos). Al terminar la centrifugación los tubos capilares tenían en su interior tres capas las cuales fueron:

- a) En la parte superior, una columna de plasma.
- b) A la mitad, una capa sumamente delgada de glóbulos blancos.
- c) En la parte inferior y hasta el fondo, una columna de glóbulos rojos.

Las lecturas para la determinación de hematocrito se hicieron al nivel del tope de la columna de glóbulos rojos (parte inferior).

### 3.4.8. Comportamiento productivo de los ovinos

#### 3.4.8.1. Consumo diario de MS (CMS)

El consumo de la materia seca ( $\text{kg d}^{-1}$ ) de los ovinos, se calculó entre la diferencia del alimento ofrecido y el alimento rechazado.

#### 3.4.8.2. Ganancia diaria de peso de los ovinos (GDP)

Para estimar la ganancia diaria de peso de los animales, estos fueron pesados con una báscula digital con sensor Modelo CRS-HD con capacidad de 200 kg, Marca Toro Rey, al inicio y posteriormente cada 20 días con ocho h de ayuno previas a la pesada, durante el experimento. La GDP se calculó restando el peso inicial al peso final dividido entre los días del experimento.

#### 3.4.8.3. Conversión alimenticia (CA) y eficiencia alimenticia (EA)

La conversión alimenticia se calculó en relación entre la cantidad de alimento consumido por día y la ganancia diaria de peso.

En tanto que la EA se calculó dividiendo la ganancia diaria de peso individual entre el consumo diario de alimento.

#### 3.4.8.4. Contenido de carbohidratos no-fibrosos (CNF)

El contenido de carbohidratos no-fibrosos se calculó con la siguiente formula:

$$\text{CNF (\%)} = \text{MS} - (\text{PC} + \text{EE} + \text{FDN} + \text{Cenizas}).$$

#### 3.4.8.5. Grasa dorsal (EGD) y área del ojo de la costilla (AM)

La grasa dorsal y el área del ojo de la costilla de los ovinos se midieron utilizando un ultrasonido Sonovet 600 (Universal Medical System, Inc.), con transductor de 7.5 Mhz, entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla del músculo *Longissimus dorsi*, del lado derecho del animal, al inicio y final del estudio (48 h antes del sacrificio) (Delfa *et al.*, 1995).

#### 3.4.9. Variables ruminales

##### 3.4.9.1. pH, nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) y ácidos grasos volátiles (AGVs)

En el último día del experimento, dos horas después de ofrecer el alimento a los ovinos, se tomaron muestras de líquido ruminal mediante el uso de una sonda esofágica, para la determinación de pH, concentración N-NH<sub>3</sub> (McCullough, 1967), y de AGVs (Erwin *et al.*, 1961).

La medición del pH del líquido ruminal, se realizó con un potenciómetro marca Hanna modelo HL 99163 con electrodo de vidrio. Para evitar el exceso de partículas en el líquido ruminal obtenido, se filtró a través de dos capas de tela de manta de cielo, inmediatamente después se le agregó (4 ml) 1 mL de ácido metafosfórico para acidificarlo (Erwin *et al.*, 1961).

Para medir la concentración de AGVs (acético, propiónico y butírico), se tomaron 4 mL del líquido ruminal, mezclándolo con 1 mL al 25% (peso/volumen) de ácido metafosfórico (indicador interno) que contenía aproximadamente 2 g de ácido 2-etilbutírico (estándar interno) por litro. Posteriormente se colocaron en tubos eppendorf hasta completar 2 ml, centrifugándolos a 11000 rpm durante 20 minutos, la fracción sobrenadante resultante de cada tubo se pasó a frascos de viales (1.5 a 2 ml). La concentración de ácidos grasos volátiles se determinaron en un cromatógrafo de gases modelo Hewlett Packard GC system Hp 6890 Serie, Series 7683, equipado con detector fid de ionización de flama a 230°C con un flujo de hidrógeno 35 ml X min y 350 y una columna HP-FFAP película de 0.25 µm, 30 m de largo, y 0.25 mm de

diámetro con un radio de 250. Con un inyector Split ration de 50.0 a temperatura de 210°C y gas acarreador de nitrógeno 14 ml x min. La rampa del horno fue de 70°C con las siguientes condiciones: Rampa 1: 70°C x minuto, 70°C temperatura, 0.00 min tiempo. Rampa 2: 20°C x min, 140°C temperatura, 2.90 min tiempo. El estándar externo fue: ácido acético 50 mmolL<sup>-1</sup>; propiónico 15 mmolL<sup>-1</sup>; butírico 10 mmolL<sup>-1</sup> (Bayer, 1961; Erwin *et al.*, 1961; Neir y Bonelli, 1969). (Bayer, 1961; Erwin *et al.*, 1961; Neir y Bonelli, 1969).

La concentración de N-NH<sub>3</sub> se midió mediante absorbancia en un espectrofotómetro de luz ultravioleta visible modelo CARY-1E, Marca VARIN a 630 nm. (McCullough, 1967). De las muestras de líquido ruminal obtenidas se tomaron submuestras y se centrifugaron a 11000 rpm, del sobrenadante obtenido se tomaron muestras (20 µl) y se depositaron en tubos de ensaye, se les adicionó 1 ml de fenol y posteriormente 1 ml de hipoclorito de sodio, las muestras fueron incubadas durante 30 min a 37°C. Finalmente las muestras fueron leídas en un espectrofotómetro. Para el cálculo de N-NH<sub>3</sub>, se obtuvo una curva estándar, además de un blanco utilizado como referencia.

#### 3.4.10. Muestras de alimento

Se colectaron y pesaron muestras del alimento ofrecido y rechazado de las tres dietas, al final del periodo experimental se mezclaron cada una de las dietas y se obtuvo una submuestra del 10%.

Estas submuestras fueron secadas en una estufa de aire forzado a 60°C durante 48 h. Una vez secas las muestras fueron molidas con un molino de cuchillas Thomas-Wiley Laboratory Mill, Model 4, Thomas Scientific<sup>tm</sup> U.S.A., a través de una malla de 1mm.

A las submuestras de alimento ofrecido y rechazado se les determinó, materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas de acuerdo a AOAC (2006), también fibra neutro detergente (FDN) y fibra ácido detergente (FAD) según los procedimientos de Goering y Van Soest, (1997). Todos los

análisis de las muestras se realizaron por duplicado, cuando el coeficiente de variación fue mayor a 5%, se repitió el análisis.

#### 3.4.11. Muestras de heces y orina

Transcurridos los 60 días de la prueba de comportamiento productivo se escogieron cinco animales por tratamiento. Durante ocho días fueron colectadas el total de heces con bolsas recolectoras que se les colocaron a los ovinos, teniendo un periodo de adaptación de tres días previos (Figura 3.6, Rymer, 2000).

El total de heces recolectadas de cada animal por tratamiento fueron pesadas y se tomó una submuestra del 10% de cada tratamiento, inmediatamente después se congelaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  para su análisis posterior (Uji *et al.* 1993). A las submuestras de heces se les determinó, materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas (AOAC, 2006), Fibra neutro detergente (FDN) y fibra ácido detergente (FDA) de acuerdo a los procedimientos de Van Soest (1997).



Figura 3.6. Ovino con bolsa recolectora de heces

Al mismo tiempo de la recolección de heces, se colectó el volumen total de la orina midiéndola en  $\text{mL d}^{-1}$ , a los recipiente donde se colectó la orina se les agregó  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 27% para evitar perdida de nitrógeno. Inmediatamente después la orina se congeló a -

20°C hasta su análisis (determinación de N). El contenido de nitrógeno en la orina se determinó usando el método micro-Kjeldahl (AOAC, 2006).

#### 3.4.12. Digestibilidad *in vivo*

Transcurridos los 60 días de la prueba de comportamiento productivo, se escogieron cinco animales por tratamiento para determinar la digestibilidad de la MS, MO, PC, FND y FAD (Harris 1970).

La determinación de la digestibilidad *in vivo* (DA), se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$DA = (\text{Nutriente consumido} - \text{Nutriente en heces}) / \text{Nutriente consumido}$$

#### 3.4.13. Balance y retención del nitrógeno

El contenido de nitrógeno en heces y orina se determinaron usando el método micro-Kjeldahl (AOAC, 2006) y el balance y retención de nitrógeno se calcularon con las siguientes formulas (Pellet y Young, 1980; Sun y Zhao, 2009):

$$\text{Balance de nitrógeno g d}^{-1} \text{ (BN)} = [(\text{nitrógeno consumido}) - (\text{nitrógeno heces} + \text{nitrógeno en orina})]$$

$$\text{Retención de nitrógeno \% (RN)} = (\text{Balance de nitrógeno} / \text{nitrógeno consumido}) * 100$$

#### 3.4.14. Rendimiento de la canal

Los ovinos se sacrificaron al final del periodo experimental con un peso promedio de  $35 \pm 1.7$  kg para evaluar el rendimiento de la canal.

El peso vivo al sacrificio (PVS) se estimó con 20 h de ayuno antes del sacrificio de los animales. El peso vivo vacío (PVV) se estimó restando el contenido digestivo de las vísceras al PVS. También se obtuvo el peso de la canal caliente en el sacrificio (PCC) y el peso de la canal fría (PCF) (24h *post-mortem*).

Se pesaron: sangre, cabeza, extremidades (separadas en la unión metatarsal y metacarpal), piel, vísceras verdes llenas (rumen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado y grueso), vísceras verdes vacías, vísceras rojas (corazón, pulmones, bofes, hígado y riñones), testículos, y la canal caliente. Inmediatamente después las canales se almacenaron en una cámara de refrigeración a 5°C, después de 24 h de almacenamiento se pesó la canal fría.

El rendimiento de la canal caliente (RCC), rendimiento de la canal fría (RCF), rendimiento bilógico de la canal caliente (RBCC) y rendimiento bilógico de la canal fría (RBCF) se obtuvo con las siguientes formulas:

$$RCC = [(PCC/PVS) * 100]$$

$$RCF = [(PCF/PVS) * 100]$$

$$RBCC = [(PCC/PVV) * 100]$$

$$RBCF = [(PCF/PVV) * 100]$$

El pH y la temperatura se determinaron en la canal caliente y en la canal fría (24 h *post-mortem*) usando un potenciómetro portátil para medir pH en carne (Marca HANNA, Modelo HI 99163 pH meter) con un electrodo de penetración, las mediciones se realizaron en el músculo *Longissimus dorsi* entre la última vertebra torácica y la primera lumbar del lado derecho (Guerrero *et al.*, 2002).

#### 3.4.15. Actividad antioxidante (FRAP) en plasma sanguíneo

Para la determinación de los niveles de antioxidantes en el plasma sanguíneo de los ovinos, se utilizó el análisis de FRAP (capacidad para reducir el hierro férrico), (Benzie y Strain, 1996; Pulido-Bravo y Saura-Calixto, 2000).

Los equipos usados para el análisis de FRAP fueron: a) espectrofotómetro Genesys 10S UV-Visible (Marca Thermo scientific), b) vortex (marca Scientific Industries. modelo Vortex-Gene 2, características de rango de velocidad 200-3000 rpm, funcionamiento automático o al tacto a temperatura de 4°C a 65°C, c) pH-metro (marca DENVER INSTRUMENT. modelo Ultra Basic, características es Digital) y d) baño maría (Lab Tech, Daihan Labtech Co., LTD.).

Los reactivos usados fueron: a) Buffer de acetato con pH 3.6, b) TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina), c) Cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), d) Trolox y e) Ácido clorhídrico 40 mmol  $\text{L}^{-1}$ . El reactivo FRAP se preparó diariamente manteniéndolo a 37°C, mediante la mezcla de tampón acetato (0.3 M pH 3.6) con una solución 10 mM de TPTZ en HCl 40 mM, y una solución 20 mM de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , en una proporción de 10:1:1. Para la obtención de las curvas de calibración se utilizó una solución metanólica (80%) de  $\text{Fe}^{2+}$  en el rango de 100 a 3000  $\mu\text{M}$  a partir de una solución madre 3000  $\mu\text{M}$  de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Todas las lecturas se llevaron a cabo a una temperatura de 37°C, la absorbancia se midió a 595 nm con un espectrofotómetro. Los resultados se expresaron en equivalente Trolox ( $\mu\text{mol Trolox g}^{-1}$  o  $\mu\text{mol Trolox L}^{-1}$ ).

#### 3.4.16. Análisis estadístico

Los datos obtenidos del recuento de huevos fecales (hpg) fueron transformados mediante logaritmo natural ( $\log(x + 1)$ ) para cumplir con las suposiciones de normalidad y homogeneidad de varianza. Los datos expresados como logaritmo natural se analizaron usando PROC GLM y PROC MIXED; SAS Inst, Inc. Cary, Carolina del Norte.; Versión 9.1 (SAS, 2008) y las medias de tratamiento fueron comparadas



usando la prueba de Tukey ajustada. La presentación de los resultados se realizó en las unidades de medida originales.

Los datos de hematocrito se analizaron con el paquete estadístico SAS 9.1, (2008), mediante PROC MIXED de medidas repetidas y para comparar los grupos tratados con el grupo control, se usó análisis de varianza simple PROC GLM, las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey.

Se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para los datos de los géneros de parásitos de NGI y las medias de tratamiento se compararon con la prueba de Tukey.

El análisis para las variables productivas, variables ruminales, digestibilidad *in vivo* de los nutrientes y rendimiento de la canal de los ovinos, se analizaron por el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS (2008), cuando hubo diferencias entre tratamientos, se usó la prueba de Tukey.

Los modelos estadísticos utilizados para este estudio fueron:

### PROC MIXED

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \delta_{j(i)} + P_k + (\tau P)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \quad i=1,\dots,a; j=1,\dots, b; k=1,\dots, n;$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = variable respuesta en observación k, repetición j, tratamiento i.

$\mu$  = media general.

$\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento.

$\delta_{j(i)}$  = error asociado con el j-esimo animal (sujeto) dentro del i-esimo tratamiento.

$P_k$  = efecto del k-esimo periodo (días).

$(\tau P)_{ik}$  = interacción tratamiento x periodo.

$\varepsilon_{ijk}$  = error aleatorio asociado con k-esima medida repetida dentro del j- esimo animal.

### GLM

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad i=1,2,\dots,t \quad j= 1,2,3,\dots,r$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = la variable dependiente o respuesta del tratamiento i, repetición j.

$\mu$  = es el efecto de la media general

$T_i$  = es el efecto del tratamiento i

$\varepsilon_{ij}$  = es el error aleatorio, donde  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

### 3.5. RESULTADOS

#### 3.5.1. Conteo de huevos y nivel de hematocrito

Hubo una reducción en el conteo de huevos por gramo (hpg) en los ovinos para los tratamientos (T2 y T3) durante el período experimental, donde el tratamiento 2 y 3 no fueron diferentes ( $P < 0.05$ ) (309 y 579 hpg) pero sí al testigo ( $P < 0.05$ ) el cual presentó la mayor carga parasitaria (1684 hpg). También hubo diferencias para las cargas parasitarias entre periodos, siendo mayor en el periodo inicial (día cero), disminuyendo gradualmente hacia el final del estudio ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 4).

En la Figura 3.7, se muestra el comportamiento del conteo de hpg de los tratamientos (T1, T2 y T3). Se observó que el tratamiento con benzimidazol (T2) fue el que disminuyó en mayor proporción el número de huevos, en tanto el tratamiento con TC (T3) redujo considerablemente la carga parasitaria de los ovinos.

Cuadro 3.4. Conteo de huevos transformados a logaritmo natural de ovinos de pelo

VARIABLES	TRATAMIENTO				TIEMPO (días)							P>F		
	T1	T2	T3	EEM	0	12	24	36	48	60	EEM	Trat.	Tie.	Trat.*Tie
CH (hpg)	7.26 <sup>a</sup>	0.86 <sup>b</sup>	5.35 <sup>b</sup>	0.26	7.31 <sup>a</sup>	3.95 <sup>b</sup>	3.66 <sup>cb</sup>	2.92 <sup>cb</sup>	4.18 <sup>c</sup>	4.91 <sup>c</sup>	0.24	<.000	<.000	<.0001
Hematocrito (%)	33.27 <sup>a</sup>	34.19 <sup>a</sup>	34.95 <sup>a</sup>	0.57	28.27 <sup>d</sup>	35.18 <sup>b</sup>	34.85 <sup>b</sup>	31.39 <sup>c</sup>	37.67 <sup>a</sup>	37.48 <sup>b</sup>	0.7	0.1367	1	0.4465

T1. testigo (dieta base), T2. dieta base con un antiparasitario comercial benzimidazol y T3. dieta base con inclusión de 4% de extracto de taninos condensados. CH= conteo de huevos.

EEM = error estándar de la media.

<sup>a,b,c</sup> =letras diferentes en las filas representan variaciones estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

En los niveles de hematocrito no se encontraron diferencias entre tratamientos ( $P>0.05$ ), el promedio fue de 34.13%, pero si las hubo en el tiempo (Cuadro 3.4).

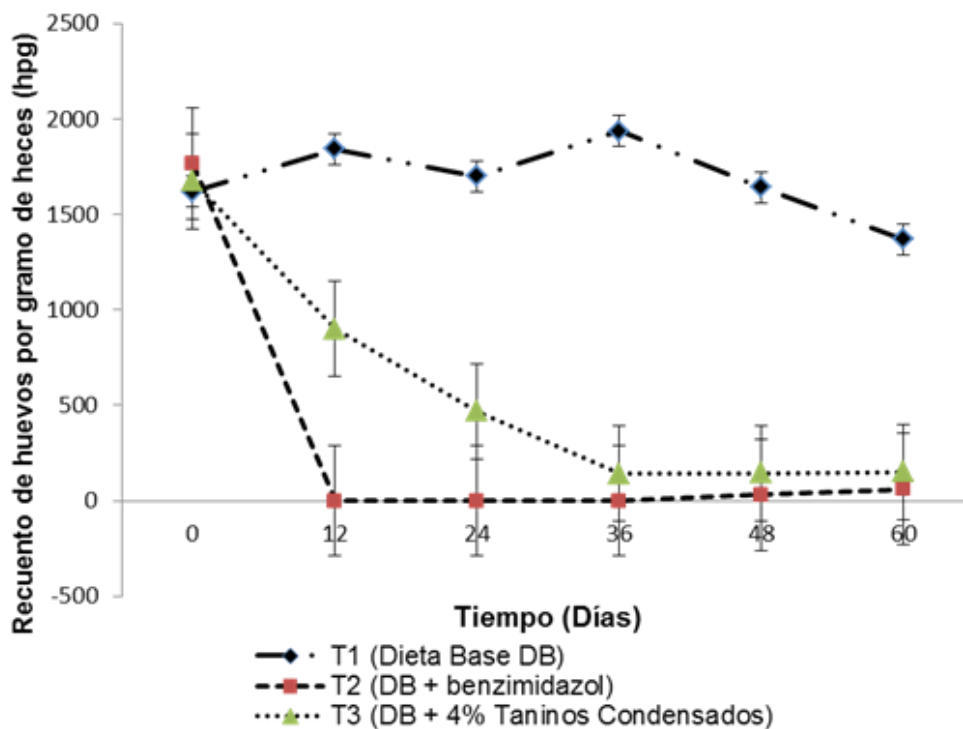


Figura 3.7. Datos (media  $\pm$  EEM), recuento de huevos en heces (hpq) de nematodos gastrointestinales, en ovinos de pelo durante 60 días.

En la Figura 3.8 se muestra el nivel de hematocrito del experimento del día cero hasta el 60, los niveles fueron normales ( $34\% \pm 0.52\%$ ).

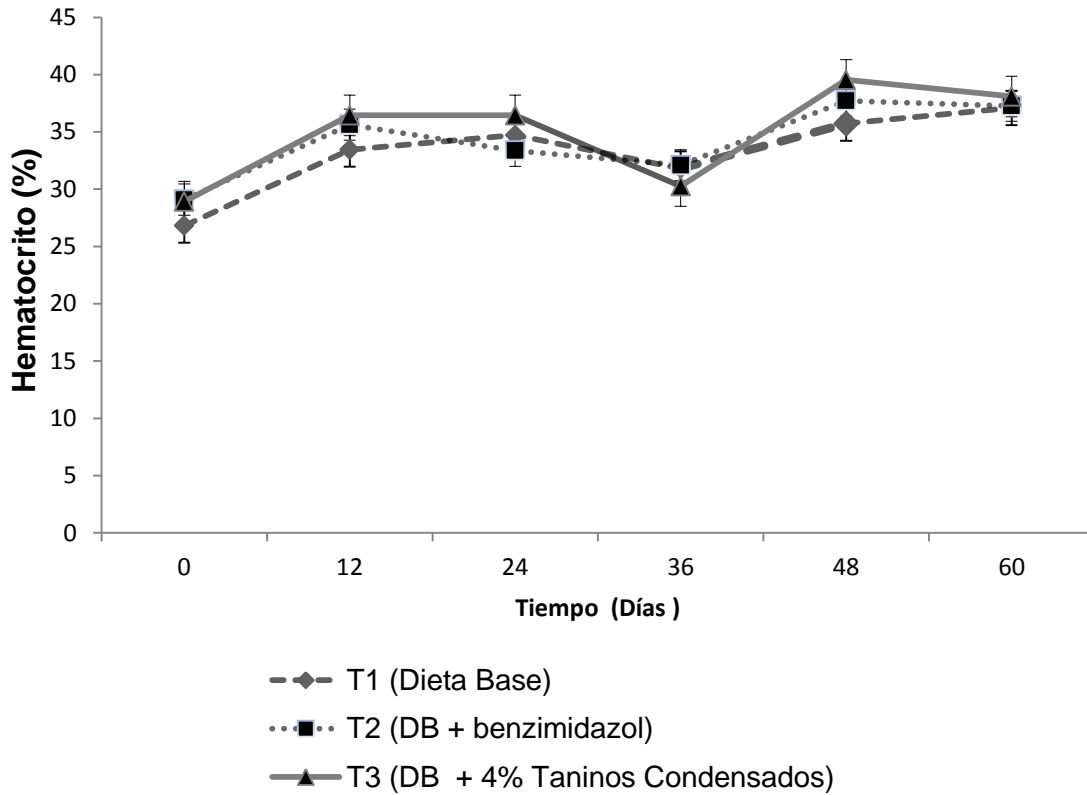


Figura 3.8. Datos (media  $\pm$  EEM), niveles de hematocrito en ovinos de pelo

### 3.5.2. Géneros de parásitos identificados

Los porcentajes de los géneros de parásitos (larvas L<sub>3</sub>) encontrados en los coprocultivos en este estudio fueron: *Haemonchus*, *Teladorsagia*, *Trichostrongylus*, *Nematodirus*, *Cooperia*, *Bunostomum*, *Oesophagostomum* y *Chabertia* (Figura 3.9).

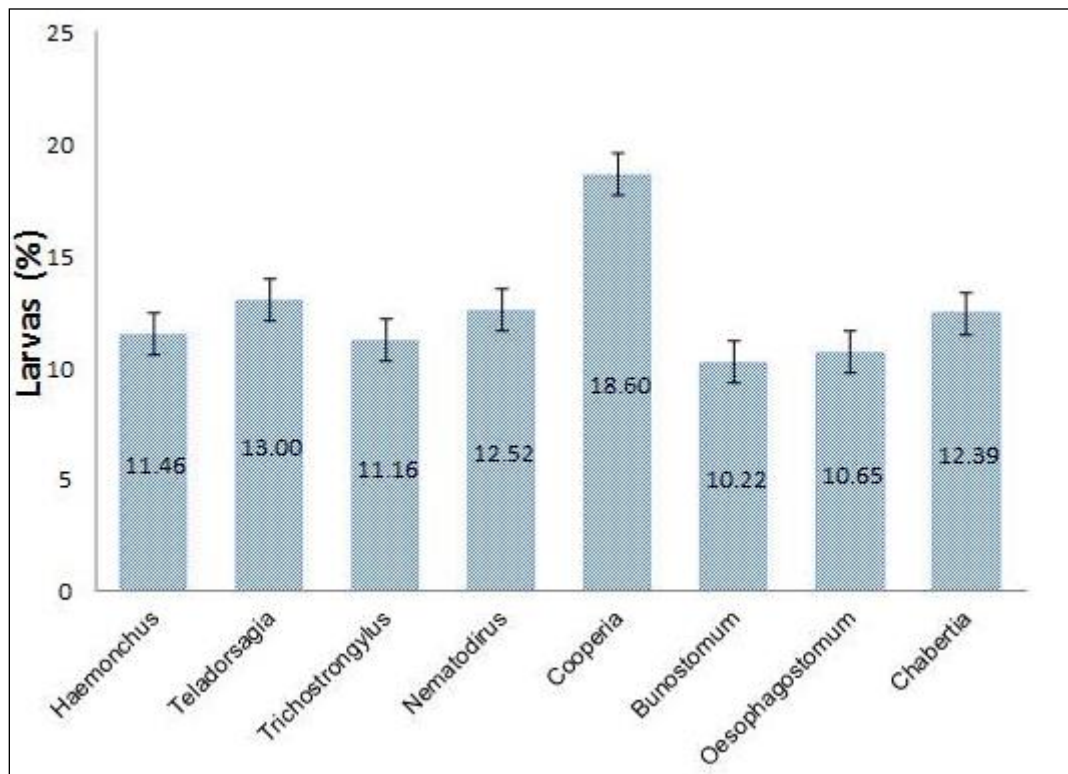


Figura 3.9. Géneros de larvas infectantes (L<sub>3</sub>) de nematodos gastrointestinales encontradas en coprocultivo (media ± EEM).

En las figuras 3.10, 3.11, 3.12 y 3.13, se muestran los principales géneros de parásitos gastrointestinales encontrados en los ovinos. Las figuras expresan el comportamiento de cada parásito en el tiempo a partir del día cero hasta el día 60 días en los tres tratamientos evaluados.

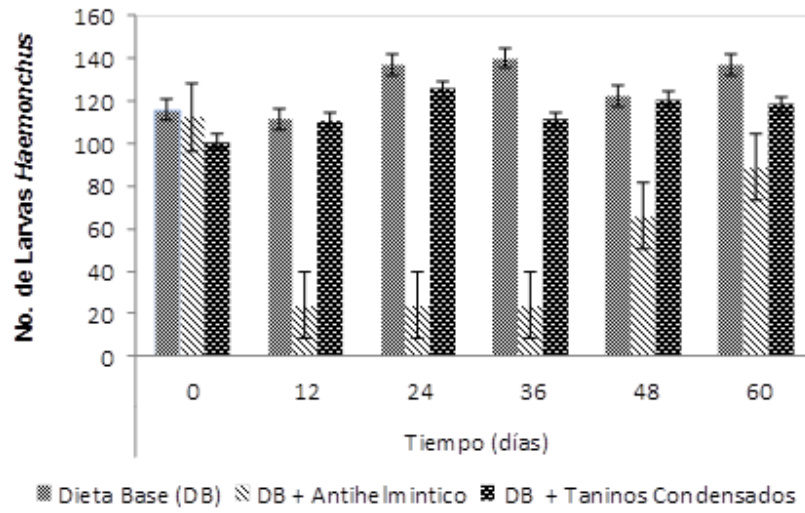


Figura 3.10. Comportamiento de *Haemonchus* en el tiempo para los tres tratamientos.

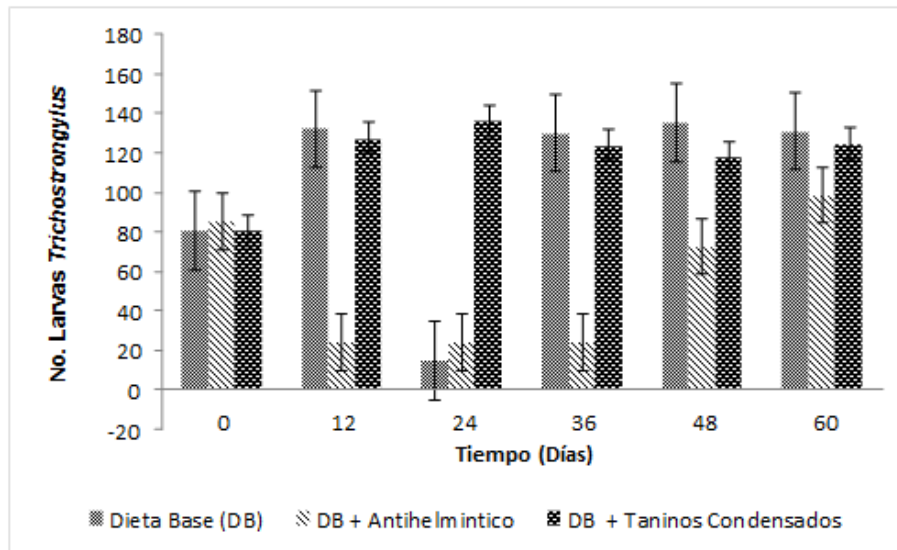


Figura 3.11. Comportamiento de *Trichostrongylus* en el tiempo para los tres tratamientos.

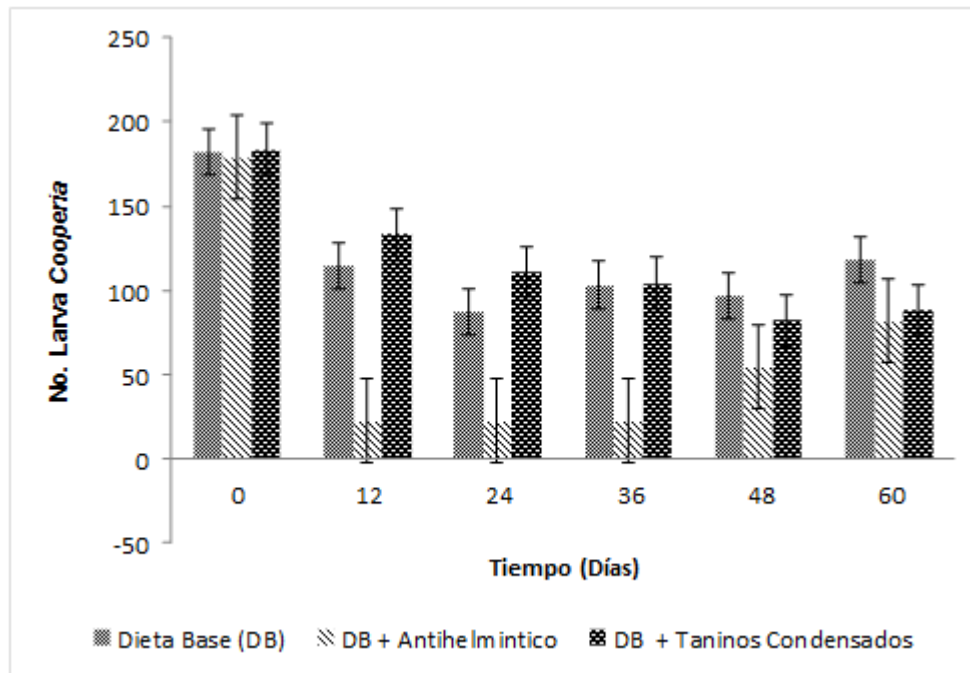


Figura 3.12. Comportamiento de *Cooperia* en el tiempo para los tres tratamientos.

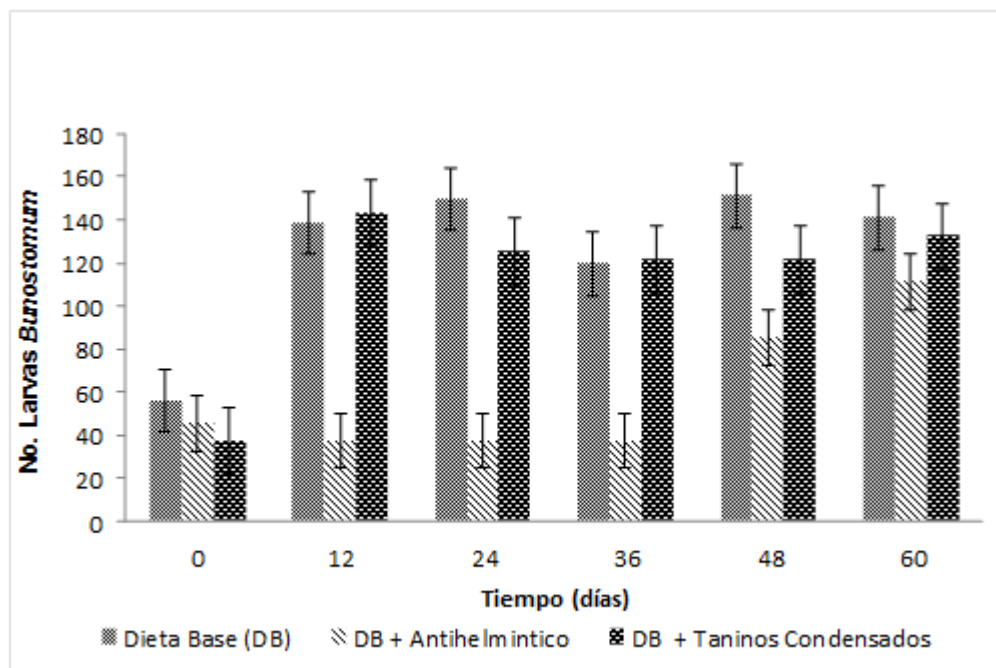


Figura 3.13. Comportamiento de *Bunostomum* en el tiempo para los tres tratamientos.



### 3.5.3. Comportamiento productivo

En el testigo (T1) el PF, CFDN y CFDA de los ovinos fue diferente a T2 y T3 los cuales fueron iguales entre sí. En el CMS los tratamientos (T1 y T3) fueron iguales pero diferentes a T2. La EA para los tratamientos (T1 y T2) fueron iguales pero diferentes a T3 el cual fue diferente a T1 ( $P < 0.05$ ). Los tratamientos (T1, T2 y T3) no afectaron ( $P > 0.05$ ) la GDP, CCNF, CA, AM y EGD (Cuadro 3.5).

La figura 3.14, muestra las mediciones del espesor de la grasa y el área del músculo en ovinos, realizadas con ultrasonido. En la parte superior se muestra la grasa dorsal (línea gruesa blanca), en tanto que el área del músculo se muestra en la parte de en medio delimitada con una línea.

Cuadro 3.5. Comportamiento productivo de ovinos de pelo

VARIABLES	TRATAMIENTO				
	T1	T2	T3	EEM	Valor de P
PI ( $\text{kg}^{-1}$ )	20.40 <sup>b</sup>	19.28 <sup>c</sup>	20.51 <sup>a</sup>	0.750	<.0001
PF ( $\text{k g}^{-1}$ )	37.08 <sup>a</sup>	33.70 <sup>b</sup>	34.49 <sup>ab</sup>	0.870	<.0001
CMS ( $\text{kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ )	1.27 <sup>a</sup>	1.10 <sup>b</sup>	1.23 <sup>a</sup>	37.18	0.0011
CFDN (g/d)	308.71 <sup>a</sup>	258.44 <sup>b</sup>	282.44 <sup>ab</sup>	12.05	0.0206
CFDA (g $\text{d}^{-1}$ )	137.27 <sup>a</sup>	114.28 <sup>b</sup>	128.55 <sup>ab</sup>	5.009	0.0119
CCNF (g $\text{d}^{-1}$ )	599.23	499.42	564.92	28.02	0.0444
GDP ( $\text{kg día}^{-1}$ )	0.27	0.24	0.23	14.58	0.0584
CA	4.66	4.74	5.50	0.240	0.0952
EA ( $\text{kg gdp /kg alim}$ )	0.21 <sup>a</sup>	0.21 <sup>ba</sup>	0.18 <sup>b</sup>	0.008	0.0580
AM ( $\text{mm}^2$ )	805.41	715.23	831.91	44.73	0.0089
AM ( $\text{cm}^2$ )	8.05	7.15	8.31	0.447	0.0089
EGD mm	2.50	2.40	2.40	0.045	0.0335

T1. testigo (dieta base), T2. dieta base con un antiparasitario comercial benzimidazol y T3. dieta base con inclusión de 4% de extracto de taninos condensados.

PI= peso inicial; PF= peso final; CMS= consumo de materia seca; CFDN= consumo de fibra detergente neutro; CFDA= consumo de la fibra detergente ácida; CCNF= contenido de carbohidratos no fibrosos; GDP= ganancia diaria de peso; CA= conversión alimenticia; EA= eficiencia alimenticia; AM=área del músculo; EGD=espesor de la grasa dorsal.

EEM= error estándar de la media.

<sup>a,b,c</sup> =letras diferentes en las filas representan variaciones estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

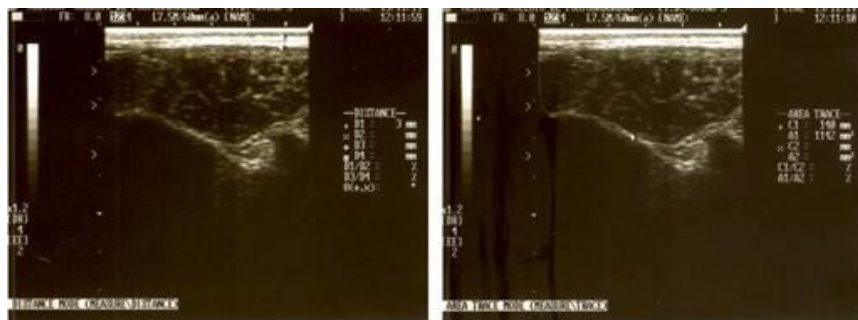


Figura 3.14. Ultrasonido de grasa dorsal y área del musculo

### 3.5.4. Variables ruminales en ovinos

No se encontraron diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos (T1, T2 y T3) en pH, concentración de  $\text{NH}_3\text{-N}$  y de AGVs, con valores promedio para acético, propiónico y butírico de, 24.4, 12.5 y 4.6  $\text{mM L}^{-1}$  respectivamente (Cuadro 3.6).

Cuadro 3.6. Variables ruminales del líquido ruminal para las tres dietas evaluadas

VARIABLES	TRATAMIENTO			EEM	Valor de P
	T1	T2	T3		
<i>Parámetros ruminales</i>					
pH Líquido ruminal	6.101	6.108	6.168	0.151	0.9867
$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg $\text{mL}^{-1}$ )	8.27	8.855	7.969	1.34	0.1396
<i>AGVs</i>					
Acético ( $\text{mM L}^{-1}$ )	22.34	29.18	22.14	2.91	0.0571
Propiónico ( $\text{mM L}^{-1}$ )	12.21	14.62	10.88	1.58	0.4160
Butírico ( $\text{mM L}^{-1}$ )	4.15	5.84	4.03	0.94	0.2692
<i>AGVs % molar</i>					
Acético (A, %)	56.323	59.435	58.048	1.79	0.0157
Propiónico (P, %)	32.298	29.81	30.297	1.50	0.0028
Butírico (%)	11.379	10.76	11.655	1.50	0.9467
Proporción A-P	1.8445	2.0991	1.9955	0.13	0.0028

T1. testigo (dieta base), T2. dieta base con un antiparasitario comercial benzimidazol y T3. dieta base con inclusión de 4% de extracto de taninos condensados.

$\text{NH}_3\text{-N}$  = nitrógeno amoniacal; AGVs= ácidos grasos volátiles.

EEM= error estándar de la media.

Nivel de Significancia ( $P>0.05$ ).

### 3.5.5. Digestibilidad *in vivo* de nutrientes

En el cuadro 3.7, se presentan los resultados de la DMS, DFDN, DFDA, DMO, DPC. No se encontraron diferencias entre tratamientos (T1, T2 y T3) para las variables de digestibilidad evaluadas ( $P>0.05$ ).

Cuadro 3.7. Valores de las medias de consumo y digestibilidad *in vivo* de las dietas experimentales.

VARIABLES	TRATAMIENTO			EEM	Valor de P
	T1	T2	T3		
DMS (%)	65.69	64.05	61.49	4.12	0.9082
DFDN (%)	32.18	26.00	24.77	6.56	0.3129
DFDA (%)	24.812	16.072	16.466	7.03	0.4113
DMO (%)	65.69	64.05	61.49	4.12	0.9082
DPC (%)	65.092	61.338	49.396	4.99	0.2005
DEE (%)	66.984	72.816	56.682	5.68	0.0621

T1. testigo (dieta base), T2. dieta base con un antiparasitario comercial benzimidazol y T3. dieta base con inclusión de 4% de extracto de taninos condensados.

DMS= digestibilidad de la materia seca; DFDN= digestibilidad de la fibra detergente neutro; DFDA= digestibilidad de la fibra detergente acida; DMO= digestibilidad de la materia orgánica; DPC= digestibilidad de la proteína cruda y DEE= digestibilidad del extracto etéreo.

EEM= error estándar de la media.

Nivel de Significancia ( $P>0.05$ ).

### 3.5.6. Balance y retención de nitrógeno

El consumo de nitrógeno fue igual para los tratamientos (T2 y T3), pero diferente a T1 que fue mayor ( $30.08 \text{ g d}^{-1}$ ). En tanto que el balance de nitrógeno fue diferente entre tratamientos siendo mayor para T1 ( $P<0.05$ ). La retención de nitrógeno fue igual para los tratamientos (T1 y T2), pero diferente de T3 que fue menor ( $P<0.05$ ). Para el nitrógeno en orina y heces no se encontraron diferencias al igual que la orina en mL ( $P>0.05$ ) (Cuadro.3.8).

Cuadro 3.8. Balance de nitrógeno de ovinos de pelo.

VARIABLES	TRATAMIENTO				Valor de P
	T1	T2	T3	EEM	
Consumo de N (g d <sup>-1</sup> )	30.08 <sup>a</sup>	24.82 <sup>b</sup>	23.34 <sup>b</sup>	1.04	0.0015
N heces (g d <sup>-1</sup> )	11.376	10.434	13.028	1.500	0.3637
N orina (g d <sup>-1</sup> )	4.142	5.042	6.734	0.80	0.1927
Orina mL	468.35	453.25	317.70	63.62	0.3616
Balance de N (g d <sup>-1</sup> )	14.562 <sup>a</sup>	9.350 <sup>b</sup>	3.580 <sup>c</sup>	1.48	0.0003
Retención de N (% N en alimento)	48.198 <sup>a</sup>	37.892 <sup>a</sup>	16.322 <sup>b</sup>	4.72	0.0043

T1. testigo (dieta base), T2. dieta base con un antiparasitario comercial benzimidazol y T3. dieta base con inclusión de 4% de extracto de taninos condensados

N= nitrógeno.

EEM= error estándar de la media.

<sup>a,b,c</sup> = letras diferentes en las filas representan variaciones estadísticas significativas (P< 0.05).

### 3.5.7. Rendimiento de la canal de ovinos

Las variables evaluadas de la canal de los ovinos fueron iguales para los tratamientos (T1, T2 y T3) (P>0.05), excepto para el peso en canal caliente que fue diferente entre tratamientos (P<0.05). En el PCC el tratamiento (T1) fue diferente al tratamiento (T2) pero igual al tratamiento con taninos condensados (T3), en tanto que el tratamiento (T3) fue igual al tratamiento (T2) (Cuadro 3.9).

Cuadro 3.9. Rendimiento de la canal de ovinos alimentados con las dietas experimentales.

VARIABLES	TRATAMIENTO				Valor de P
	T1	T2	T3	EEM	
PVS (kg)	37.75	34.31	37.36	1.16	0.1405
PVV (kg)	35.16	32.09	34.5	1.01	0.1489
PCC (kg)	19.10 <sup>a</sup>	16.82 <sup>b</sup>	18.47 <sup>ba</sup>	0.59	0.0526
PCF (kg)	18.36	16.38	18.00	0.59	0.0878
RCC (%)	50.60	49.01	49.46	0.79	0.4781
RBCC (%)	54.32	52.33	53.65	1.04	0.5149
RCF (%)	48.71	47.70	48.18	0.91	0.8266
RBCF (%)	52.27	50.94	52.27	1.13	0.7346
PH (Sacrificio)	6.20	6.11	6.12	0.038	0.2318
PH (24 h <i>postmortem</i> )	5.58	5.59	5.33	0.138	0.3825

T1. testigo (dieta base), T2. dieta base con un antiparasitario comercial benzimidazol y T3. dieta base con inclusión de 4% de extracto de taninos condensados.

PVS=peso vivo al sacrificio; PVV= peso vivo vacío; PCC= peso canal caliente; PCF= peso canal fría; RCC= rendimiento canal caliente; RBCC= rendimiento biológico canal caliente; RCF= rendimiento canal fría; RBCF= rendimiento biológico canal fría.

EEM= error estándar de la media.

<sup>a,b</sup> = letras diferentes en las filas representan variaciones estadísticas significativas (P<0.05).

### 3.5.8. Capacidad antioxidante (FRAP) de los TC en plasma sanguíneo

Los niveles de antioxidantes en plasma sanguíneo de ovinos para los tres tratamientos fueron similares (P>0.05, Cuadro 3.10).

Cuadro 3.10. Antioxidantes en plasma sanguíneo

VARIABLES	TRATAMIENTO				
	T1	T2	T3	EEM	Valor de P
FRAP nmol/ml	327.90	345.90	353.91	16.54	0.2841
FRAP $\mu$ M/Trolox /100g	16.395	17.296	17.695	0.827	0.2840

T1. testigo (dieta base), T2. dieta base con un antiparasitario comercial benzimidazol y T3. dieta base con inclusión de 4% de extracto de taninos condensados.

FRAP= capacidad para reducir el hierro férrico.

## 3.6. DISCUSIÓN

### 3.6.1. Conteo de huevos y hematocrito

En este estudio la carga parasitaria de NGI encontradas fueron en promedio de 1685 hpg (huevos pos gramo), siendo menores a las encontradas por Díaz-Rivera *et al.* (2000) en ovinos Pelibuey que fueron de 3800 hpg.

Como era de esperarse se observó que el tratamiento con benzimidazol (T2) redujo aproximadamente 95% el recuento de huevos, en tanto la tendencia de eliminación de huevos en el tratamiento con taninos condensados (T3) fue de 66%, estos resultados fueron mayores a los observados por Saric *et al.* (2015) quienes utilizaron una combinación de extractos de TC de *Arbutus unedo L*, *Pistacia lentiscus L*, *Quercus ilex L*. que encontraron una reducción menor de 50% de hpg, de acuerdo a estos autores,

debido a la combinación de extractos de taninos condensados utilizados. Kanojiya *et al.* (2015), al usar extracto de taninos condensados de hojas de *E. globulus* como antiparasitario, observaron una disminución en la carga parasitaria de alrededor de 50% a 70%, debido al efecto que tuvieron los TC en el desarrollo de las larvas y huevos de los NGI. Estos resultados fueron similares a los de este estudio donde se obtuvieron reducciones de cargas parasitarias de NGI de 66% con el extracto de taninos condensados comerciales (SilvaFeed®).

Otros estudios realizados por Méndez-Ortíz *et al.* (2012), Hoste *et al.* (2012), Torres-Acosta *et al.* (2012) y Katiki *et al.* (2013), cuando emplearon mezclas de plantas y extractos de taninos condensados como antihelmínticos contra NGI, hallaron una reducción de la carga parasitaria de huevos por heces fecales de NGI de 58.8% a 69%, lo cual coincide con los resultados de este estudio (66% hpg).

Ammar *et al.* (2011), Galicia-Aguilar *et al.* (2012), Juhnke *et al.* (2012) y Min y Hart (2012), encontraron que la inclusión de follaje de *Havardia albicans* y extracto de taninos condensados de quebracho (*Schinopsis balansae*) de 4% a 5% de MS en la dieta de ovinos, redujeron gradualmente la carga parasitaria y la fecundidad de las hembras de *H. contortus* en el tiempo evaluado. Este comportamiento de reducción de la carga parasitaria en el tiempo, fue similar a los encontrados en este estudio, ya que el extracto de taninos redujo la carga parasitaria (66%) en ovinos de pelo.

La concentración de 4% de extracto de taninos concentrados en la dieta redujo la carga parasitaria, sin embargo, el modo de acción de los taninos condensados sigue siendo debatido. Las teorías que posiblemente explican el efecto de éstos en NGI, incluyen efectos directos de los taninos condensados sobre los NGI principalmente en larvas infestantes (L<sub>3</sub>) y huevos, e indirectos mejorando la nutrición del ovino y por consiguiente, favoreciendo una mejor respuesta inmune (Butter *et al.*, 2000; Molan *et al.*, 2002 Martínez-Ortíz-de-Montellano *et al.*, 2013).

Los NGI al ser hematófagos causan anemia en los animales por la pérdida de sangre, por lo que los valores de hematocrito nos indican el grado de parasitosis de los animales (Molan *et al.*, 2002). MacKown *et al.* (2011) encontraron niveles altos de

parasitosis con cargas de NGI de 4260 hpg causando que los corderos presentaran anemia. Contrario a lo encontrado en este estudio donde las cargas parasitarias de NGI fueron hasta 1685 hpg, por lo cual la anemia no se presentó en ninguno de los tratamientos.

Los valores de hematocrito reportados por Ruiz-Zárate *et al.* (2013) y Villaba *et al.* (2013) son similares a los encontrados en este estudio, con niveles de hematocrito de 33.2% a 34.9%, lo cual es normal en ovinos en crecimiento sanos, sin que presenten cuadros clínicos de anemia.

### 3.6.2. Géneros de parásitos identificados

De los coprocultivos realizados en este experimento, se contaron las larvas en fase infectante (L<sub>3</sub>) y los géneros de parásitos detectados e identificados fueron los siguientes: *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus*, *Teladorsagia* spp., *Cooperia* y *Nematodirus*, principalmente. Autores como Mupeyo *et al.* (2011), Novobilský *et al.* (2011), Galicia-Aguilar *et al.* (2012) y Villalba *et al.* (2013) reportaron que los principales géneros de NGI que infestan con mayor frecuencia y que afectan a ovinos de pelo son los mismos a los encontrados en este estudio.

### 3.6.3. Comportamiento productivo

Los taninos son considerados como sustancias antinutritivas que afectan de una u otra manera los procesos digestivos de los rumiantes, aunque sus mecanismos de acción en el tubo digestivo no están completamente aclarados (Jensen *et al.*, 2013).

Los extractos comerciales de taninos condensados pueden influir en el consumo voluntario de la MS (CMS) y por consiguiente modificar la digestibilidad ruminal en los ovinos. Frutos *et al.* (2004), Catanese *et al.* (2012), señalaron que el CMS depende de la cantidad de taninos en la dieta. Leinmuller *et al.* (1991), observaron que una alta

concentración de taninos concentrados en la ración (mayor a 5%) tiene efectos adversos sobre la población microbiana del rumen, afectando la palatabilidad, el consumo, la digestibilidad de la dieta y la salud del animal. En este estudio al incluir el extracto de taninos concentrados a la dieta en concentración de 4%, no afectó el CMS, esto fue debido posiblemente a que el sabor pudo enmascarse con otros ingredientes de la dieta y que los niveles de taninos condensados incluidos en la dieta fueron bajos. El CMS encontrado en ovinos de pelo en este estudio ( $1.2 \text{ kg d}^{-1}$ ) fue similar a lo reportado por Rios *et al.* (2012), de 1 a  $1.5 \text{ kg d}^{-1}$  de MS. También fue similar al encontrado por Mupeyo *et al.* (2011) y Barros-Rodríguez *et al.* (2015), quienes reportaron consumos desde  $1.07$  a  $1.28 \text{ kg d}^{-1}$ , al usar en promedio 3.5 % de taninos concentrados (*Salix spp*, *Medicago sativa*, *Leucaena leucocephala*) en dietas para ovinos.

La ganancia diaria de peso de los ovinos (GDP), no se vio afectada en ninguno de los tratamientos evaluados, los animales presentaron en promedio ganancias de peso de  $250 \text{ g d}^{-1}$  con  $1.2 \text{ kg d}^{-1}$  de alimento consumido y una conversión alimenticia de 4.9, estos resultados son similares a los reportados por Partida *et al.* (2009) y Macías-Cruz *et al.* (2010), quienes señalan reportaron GDP, CMS y CA en promedio de  $206 \text{ g d}^{-1}$ ,  $1.3 \text{ kg}$  y 6.6, respectivamente, con dietas isoproteicas e isoenergéticas, cubriendo los requerimientos nutricionales de ovinos de pelo en crecimiento como se observó en este estudio. Esto indica que incluir 4% de extracto de taninos condensados a la dieta de los ovinos no modifica estas variables.

La eficiencia alimenticia (EA) fue menor ( $0.18 \text{ kg gdp kg}^{-1}$  de alimento) con la inclusión de TC con respecto a los tratamientos (T1 y T2) en este estudio, sin embargo, fue similar a lo reportado por Mata *et al.* (2006).

El espesor de la grasa dorsal (EGD) y el área del musculo del ojo de la costilla (AM) en este estudio tuvieron un promedio de  $2.4 \text{ mm}$  y  $7.8 \text{ cm}^2$  respectivamente, estos coinciden con lo encontrado por Gutiérrez *et al.* (2005) y Ayala *et al.* (2013), quienes mencionan que el EGD en promedio en ovinos de pelo fue de 2.5 a 2.8 con dietas que contenían TC de *Medicago sativa* y *Guazuma ulmifolia*. Sin embargo, los resultados en



este estudio para EGD y AM fueron menores a los encontrados por Arvizu et al. (2011), quienes reportaron valores de 3 mm y 12.87 cm<sup>2</sup> respectivamente. Macías-Cruz et al. (2010) y Aguilar et al. (2011), encontraron para EGD 3-4 mm y del área del músculo *Longissimus dorsi* de 16 cm<sup>2</sup> lo que es mayor a lo encontrado en este trabajo, esto puede deberse a la inclusión de los taninos condensados que pudieran tener efecto en la grasa dorsal y en el músculo (Gutiérrez et al., 2005)

#### 3.6.4. Variables ruminales

Tripathi et al. (2007) y Toral et al. (2011), encontraron que en promedio el pH ruminal en dietas con taninos condensados es de 6, similar a lo encontrado en este estudio. Este pH es el óptimo para el adecuado funcionamiento del rumen y de los microorganismos ruminales (Krause y Oetzel, 2006).

Attia et al. (2013) mencionan que dietas altas en taninos condensados disminuyen los niveles de NH<sub>3</sub>-N en el rumen, sin embargo, en este estudio la inclusión de 4% de taninos condensados en la dieta no afectó la concentración de NH<sub>3</sub>-N en los tratamientos evaluados, que en promedio fue de 8.0 mg dL<sup>-1</sup>. La concentración de NH<sub>3</sub>-N en este estudio fue similar a la encontrada por Aghamohamadi et al. (2014) quienes reportaron 7.1 mg mL<sup>-1</sup>, sin embargo, fueron menores a los obtenidos por Mata et al. (2006) y Barros-Rodríguez et al. (2015), quienes encontraron concentraciones de 9 a 20 mg dL<sup>-1</sup> con dietas a base de arbóreas leguminosas.

La concentración de AGVs (ácido acético, propiónico y butírico) fue en promedio de 22, 10 y 4 mmol L<sup>-1</sup> respectivamente, con la inclusión de 4% de taninos en la dieta, sin embargo, son menores a los valores encontrados por Toral et al. (2011) y Barros-Rodríguez et al. (2015), quienes reportaron concentraciones para acético, propiónico y butírico de 73, 16, y 6.5 mmol L<sup>-1</sup> respectivamente. La presencia de taninos condensados según Martínez et al. (2006), Bayourthe y Ali-Haimoud-Lekhal, (2014), reducen la fermentación de hidratos de carbono, la producción de ácidos grasos volátiles y la producción de amoníaco. Aparentemente esto es debido al efecto

indirecto al disminuir la proteólisis por la inclusión de taninos condensados. Sin embargo, como se observó en este estudio la concentración de ácidos grasos volátiles, acético, propiónico y butírico (57%, 30%, 10 % respectivamente), fueron similares a los porcentajes en que deben encontrarse estos ácidos grasos en el rumen (Martínez *et al.*, 2006), ácido acético (60% a 75 %), propiónico (15% a 30 %) y butírico (8% a 16 %).

### 3.6.5. Digestibilidad *in vivo* de nutrientes

El efecto de los taninos condensados en la fermentación ruminal de los sustratos varía en función de la especie vegetal y la composición química de la dieta evaluada (Mohammadabadi y Chaji 2012, Azuhwi *et al.*, 2012). De acuerdo con esto la DMS y DPC, encontrada en este estudio fue de 61% y 49%, respectivamente, similares a las reportadas por Mupeyo *et al.* (2011) y Aghamohamadi *et al.* (2014), quienes encontraron digestibilidades para MS y PC de 60% a 74% y de 35% a 61% respectivamente, en dietas que contenían taninos condensados de *Quercus pérsica* y *Salix* spp

La digestibilidad encontrada en este estudio para FDN y FDA fue de 24.77% y 16.47% respectivamente las cuales fueron bajas, comparadas a las obtenidas por Ahnert *et al.* (2015), que reportaron digestibilidades de 65.55% y 56.75 respectivamente. En tanto que Aghamohamadi *et al.* (2014) observaron una digestibilidad del 40% para FDN. Esto quiere decir que existe una variabilidad de la digestibilidad de los nutrientes al incluir taninos condensados a la dieta.

### 3.6.6. Balance y retención de nitrógeno

El consumo y retención de nitrógeno reportado por Wischer *et al.* (2014) fue de 19 g d<sup>-1</sup> y de 8.5% de N en alimento respectivamente, los cuales fueron menores a los encontrados en este estudio (23 g d<sup>-1</sup> y 16.32% de N en alimento respectivamente).

Esta diferencia podría deberse al tipo de taninos condensados utilizados, ya que estos autores usaron una mezcla de taninos (*Castanea sativa*, *Quercus valonea*).

Un animal se encuentra en balance de nitrógeno, cuando la diferencia entre el nitrógeno ingerido y el que aparece en heces y orina es igual a cero, en este estudio el balance de nitrógeno al adicionar 4% de taninos condensados a la dieta fue de 3.58 g d<sup>-1</sup> lo que quiere decir que el animal se encontró ligeramente en desbalance de nitrógeno. Wischer *et al.* (2014), observaron un mejor balance de nitrógeno al de este estudio que fue de 1.6 g d<sup>-1</sup>. Sin embargo, Ruiz *et al.* (2006), observaron un balance de nitrógeno de 8.25 g d<sup>-1</sup> que fue relativamente alto, es decir que animal no se encontraban en balance de nitrógeno.

Santos *et al.* (2000); Wang *et al.* (2005) al adicionar de 2% a 4% de taninos condensados en la dieta de ovinos, estos protegieron a las proteínas en el rumen de la degradación bacteriana, mejorando así, la utilización del nitrógeno al reducir el exceso de N en el rumen, lo que mejora la retención de nitrógeno.

### 3.6.7. Rendimiento de la canal de ovinos

El rendimiento de la canal (PVS, PVV, PCF, RCC, RBCC, RCF, RBCF, pH al sacrificio y 24 h *postmortem*) fueron similares entre tratamientos, excepto para el peso de la canal caliente que fue de 18.47 kg para los ovinos que recibieron taninos condensados.

La adición de taninos condensados, no afectó el PCC y PCF de los ovinos, lo que coincide con los resultados de Francisco *et al.* (2015), al usar taninos condensados de *Cistus landanifer* L. y con los de Reséndiz *et al.* (2013) con alfalfa, quienes reportaron para PCC y PCF pesos promedio de 15 a 19 kg y de 14 a 18 kg, respectivamente.

En cuanto al rendimiento de la canal caliente y fría, los resultados obtenidos en esta investigación son ligeramente menores (49.4% y 48.18% respectivamente) a los reportados por Reséndiz *et al.* (2013), quienes señalan para RCCC y RBCF valores

promedio de 61% y 59%, respectivamente. Los valores de pH de la canal al sacrificio y post mortem fueron de 6.4 y 5.7, respectivamente siendo similares a los reportados por estos mismos autores los cuales se encuentran dentro del rango normal.

#### *3.6.8. Actividad antioxidante (FRAP)*

En los últimos años a los taninos condensados se les han atribuido propiedades antioxidantes, se ha demostrado que los taninos actúan como antioxidantes en la circulación de la sangre aún después de ser absorbidos (Luciano *et al.*, 2009). El nivel de inclusión de taninos en la dieta de los ovinos en este estudio no presentó diferencias en la capacidad antioxidante de los tratamientos evaluados. Yilmaz y Toledo (2006) y Katiki *et al.* (2013), al incluir taninos condensados en las dietas de ovinos, encontraron beneficios ya que se mejoró la salud de los animales, debido a la capacidad antioxidante de los taninos. Algunos beneficios reportados han sido que previenen del daño oxidativo a los tejidos, al reducir la oxidación de los lípidos y/o inhibir la producción de radicales libres. Sin embargo, autores como Larraín *et al.* (2008), mencionan que la capacidad que tienen los taninos condensados no es únicamente en el animal vivo sino también en la calidad de la carne, alargando la vida en anaquel.

### **3.7. CONCLUSIÓN**

Al incluir 4% de taninos condensados a la dieta de ovinos se redujo la carga parasitaria (66%) de los ovinos, sin afectar las variables productivas como la ganancia de peso, digestibilidad y el rendimiento de la canal.

### 3.8. AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para estudios de Doctorado, a la LPI-7 (Inocuidad, Calidad de alimentos y Bioseguridad) del Colegio de Postgraduados, por financiar parcialmente esta investigación.

### 3.9. LITERATURA CITADA

- Aghamohamadi, N., Hozhabri, F., Alipour, D. 2014. Effect of oak acorn (*Quercus persica*) on ruminal fermentation of sheep. *Small Ruminant Research*. 120:42-50.
- Alonso-Díaz, M.A., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Hoste, H. 2010. Tannins in Tropical Tree Fodders Fed to Small Ruminants: A Friendly Foe?. *Small Ruminant Research*. 89: 164-73.
- Ammar, H., López, S., Salem, A.Z.M., Bodas, R., González, J.S. 2011. Effect of saliva from sheep that have ingested quebracho tannins on the *in vitro* rumen fermentation activity to digest tannin-containing shrubs. *Animal Feed Science and Technology*. 163:77-83.
- AOAC, 2006. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Communities, 18th ed. (1st revision). AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Attia, M.F.A., Nour El-Din, A. N., El-Shazly, K. A. & Sallam, S. M. 2013. Effect of quebracho tannins supplementation on nutrients utilization and rumen fermentation characteristics in sheep. *Alex. J. Agric. Res*. 58: 165.
- Azuhnwia, B.N., Thomann, B., Arrigo, Y., Boller, B., Hess, H.D. 2012. Ruminal dry matter and crude protein degradation kinetics of five sainfoin (*Onobrychis viciifolia Scop*) accessions differing in condensed tannin content and obtained from different harvests. *Animal Feed Science and Technology*. 177:135- 143.

- Barros-Rodríguez, MA., Solorio-Sánchez, FJ., Sandoval-Castro, A., Klieve A., Rojas-Herrera, RA., Briceño-Poot, EG., Ku-Vera, JC. 2015. Rumen function in vivo and in vitro in sheep fed *Leucaena leucocephala*. Trop Anim Health Prod. 47:757-764.
- Bayer, E. 1961. Gas Chromatography. D: Van Nostrand Co. LTD.
- Bayourthe, C., Ali-Haimoud-Lekhal, D. 2014. Plant extracts in ruminants: effects on fermentation in the rumen and on lipid quality in animal products. INRA PRODUCTIONS ANIMALES. 27:316-326.
- Benzie, I.F.F., Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. Analytical Biochemistry, 239: 70-76.
- Butter, N.L., Dawson, J.M., Wakelin, D., Bettery, P.J., 2000. Effect of dietary tannin and protein concentration on nematode infection (*Trichostrongylus colubriformis*) in lambs. J. Agric. Sci. (Camb.). 134:89-99.
- Catanese, F., Distel, R.A., Provenza, F.D., Villalba, J.J. 2012. Early experience to alimentary diversity increase intake of non-familiar flavors and feeds in sheep. J Anim Sci. 90: 2763-2773.
- Cuéllar O. A. 2005. Nuevas opciones para el control de parásitos en la ovinocultura tropical. Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 1-21.
- De la Jara, A.F., Zeron, F.V. Manual de prácticas de Nematología Agrícola. Instituto Politecnico Nacional. Escuela de Ciencias Biológicas Departamento de Parasitología. DF, Mexico; 1980.
- Delfa, R., Teixeira, A., González, C., Blasco, I. 1995. Ultrasonic estimates of fat thickness and *Longissimus dorsi* muscle depth predicting carcass composition of live Aragon lambs. Small Ruminant Res. 16:159-164.

- Díaz-Rivera, P., Torres-Hernández, G., Osorio-Arce, MM., Pérez-Hernández, P., Pulido-Albores, AR., Becerril-Pérez, BC., Herrera-Haro, JG. 2000. Resistencia a parásitos gastrointestinales en ovinos florida, pelibuey y sus cruza en el trópico mexicano. *Agrociencia*. 34:1-20.
- Erwin, E.S., Marco, G.J., Emery, E. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy. Sci.* 44:1768-1771.
- Francisco, A., Dentinho, M.T., Alves, S.P., Portugal, P.V., Fernandes, F., Sengo, S., Jerónimo, E., Oliveira, M.A., Costa, P., Sequeira, A., Bessa, R.J.B., Santos-Silva, J. 2015. Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented with increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer* L.) and vegetable oils. *Meat Science*. 100:275-282.
- Frutos, P., Hervás, G., Giráldez, F.J., Mantecón, A.R. 2004. Review. Tannins and Ruminant nutrition. *Span J Agric Res*. 2:191-202.
- Galicia-Aguilar, H.H., Rodríguez-González, L.A., Capetillo-Leal, C.M., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A.J., Sandoval-Castro C.A., Torres-Acosta, J.F.J. 2012. Effects of *Havardia albicans* supplementation on feed consumption and dry matter digestibility of sheep and the biology of *Haemonchus contortus*. *Animal Feed Science and Technology*. 176: 178-184.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. México. 91p.
- Guerrero, L.M.I., Ponce, A.E., Pérez, C.M. 2002. Curso práctico de tecnología de carnes y pescad. 1 Edición, UAM-I.
- Gutiérrez, J., Rubio, M.S., Méndez, R.D. 2005. Effects of crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Meat Sci*. 70: 1-5.

- Hansen, J., Perry, B. 1994. The epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of ruminants. International Laboratory for Research on Animal Disease. Nairobi, Kenya. 171 pp.
- Hendrix, C.M., Robinson, E. 2006. Diagnostic parasitology for veterinary technicians. Mosby Elsevier, Saint Louis, Missouri, pp. 236-237.
- Hoste, H., Martinez-Ortiz-De-Montellano, C., Manolaraki, F., Brunet, S., Ojeda-Robertos, N., Fourquaux, I., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A. 2012. Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections. *Vet. Parasitol.* 186:18-27.
- IICA-OEA. 1987. Técnicas para el diagnóstico de babesiosis y anaplasmosis bovinas. Primer informe del comité de expertos sobre hematozoarios del área Sur del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica. 79 pp.
- Jensen, L.T., Provenza, D.F., Villalba, J.J. 2013. Influence of diet sequence on intake of foods containing ergotamine D tartrate, tannins and saponins by sheep. *Applied Animal Behaviour Science.* 144:57-62.
- Juhnke, J., Miller, J., Hall, J.O., Provenza, F.D., Villalba, J.J. 2012. Preference for condensed tannins by sheep in response to challenge infection with *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology.* 188:104-114.
- Kanojiya, D., Shanker, D., Sudan, V., Jaiswal, A.K., Parashar, R. 2015. In vitro and in vivo efficacy of extracts of leaves of *Eucalyptus globulus* on ovine gastrointestinal nematodes. *Parasitol. Res.* 114:141-148.
- Katiki, M.L., Ferreira F.S.J., Gonzalez, M.J., Zajac, M.A., Lindsay, S.D., Chagas, S.A.C., Amarante, F.T.A. 2013. Anthelmintic effect of plant extracts containing condensed and hydrolyzable tannins on *Caenorhabditis elegans*, and their antioxidant capacity. *Veterinary Parasitology.* 192: 218-227.



- Krause, K. M., G. R. Oetzel. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy 140. Arch. Latinoam. Prod. Anim. Vol. 15 (Supl. 1) 2007 herds: A review. Animal Feed Science and Technology. 126: 215-236.
- Larraín, R.E., Schaefer, D.M., Richards, M.P., Reed, J.D. 2008. Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum or a mix of both: Color and lipid oxidation in beef. Meat Science. 79:656-665.
- Lassen, E.D., Weiser, G., 2007. Tecnologia laboratorial em medicina vet-erinária In Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária. Roca. SãoPaulo, Brazil, pp. 3-36.
- Leinmüller E. Steingass H, Menke KH. 1991. Tannins in ruminant feedstuff. Anim Res Dev 8: 9-62.
- Luciano, G., Monahan, F.J., Vasta, V., Biondi, L., Lanza, M., Priolo, A. 2009. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. Meat Sci., 81: 120-125.
- Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F.D., Rodríguez-García, J., Correa-Calderón, A., Torrentera-Olivera, N.G., Molina-Ramírez, L., Avendaño-Reyes, L. 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Archivos de medicina veterinaria*, 42:147-154.
- MacKowna, C.T., Brown, M.A., Walker, E.L. 2011. Tannin rich peanut skins lack anthelmintic properties. Small Ruminant Research. 96:195-200.
- Martínez-Ortíz-de-Montellano, C., Arroyo-López, C., Fourquaux, I., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Hoste, H. 2013. Scanning electron microscopy of *Haemonchus contortus* exposed to tannin-rich plants under *in vivo* and *in vitro* conditions. Experimental Parasitology. 133:281-286.
- Martínez-Ortíz-de-Montellano, C., Vargas-Magaña, J.J., Canul-Ku, H.L., Miranda-Soberanis, R., Capetillo-Leal, C., Sandoval-Castro, C.A., Hoste, H., Torres-Acosta, J.F.J., 2010. Effect of a tropical tannin-rich plant *Lysiloma latisiliquum* on

- adult populations of *Haemonchus contortus* in sheep. *Vet. Parasitol.* 172: 283-290.
- Mata E.MA., Hernández S. D., Cobos, P. MA., Ortega C. ME., Mendoza M. G., Arcos, G. JL. 2006. Comportamiento productivo y fermentación ruminal de corderos suplementados con harina de cocoíte (*gliricidia sepium*), morera (*morus alba*) y tulipán (*hibiscus rosa-sinensis*). *revista científica, FCV-LUZ.* 3: 249-256.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clin. Chem.* 17:297-304.
- Méndez-Ortíz, F.A., Sandoval-Castro, C.A., Torres-Acosta, J.F.J., 2012. Short term consumption of *Havardia albicans* tannin rich fodder by sheep: effect on feed intake, diet digestibility and excretion of *Haemonchus contortus* eggs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 176: 185-191.
- Min, B.R., Hart, S. P. 2012. Tannins for suppression of internal parasites. *J. Anim. Sci.* 81:102-109.
- Mohammadabadi, T., Chaji, M. 2012. The Influence of the plant tannins on *in vitro* ruminal degradation and improving nutritive value of sunflower meal in ruminants. *Pak. Vet. J.* 32: 225.
- Molan, A.L., Waghorn, G.C., McNabb, W.C., 2002. Effect of condensed tannins on egg hatching and larval development of *Trichostrongylus colubriformis in vitro*. *Vet. Record.*150: 65-69.
- Mupeyo, B., Barry, T.N., Pomroy, W.E., Ramírez-Restrepo, C.A., López-Villalobos, N., Pernthaner, A. 2011. Effects of feeding willow (*Salix* spp.) upon death of established parasites and parasite fecundity. *Animal Feed Science and Technology.* 164:8-20.
- Neir, H.M.Mc., Bonelli, E.J. 1969. Basic gas chromatography. 2nd. Varian Instruments Division Offices.

- Novobilský, A., Mueller-Harvey, I., Thamsborg, M.S. 2011. Condensed tannins act against cattle nematodes. *Veterinary Parasitology*. 182:213-220.
- NRC (National Research Council) 2007. Nutrient requirements of small sheep, goats, cervids, and new world camelids. The National Academy Press. Washington, D.C.362 p.
- Ojeda-Robertos, N.F., Torres-Acosta, J.F.J., Ayala-Burgos, A., Aguilar-Caballero, A.J., Cob-Galera, L.A., Mendoza-de-Gives, P., 2008. A technique for the quantification of *Duddingtonia flagrans* chlamydospores in sheep faeces. *Vet. Parasitol.* 152: 339-343.
- Partida, P.J., Braña, V.D., Martínez, R.L. 2009. Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruzas con Suffolk o Dorset. *Téc. Pecu. Méx.* 47: 313-322.
- Pellet, P.L. and V.R. Young. 1980 "Nutritional evaluation of protein foods". *Food and Nutr. Bull. Supplement 4*. The United Nation University, Tokio 41-57.
- Pulido, R., Bravo, L., Saura-Calixto, F. 2000. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/ antioxidant power assay. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48: 3396-3402.
- Reséndiz, C.V., Hernández, O., Guerrero, I.; Gallegos, J.; Martínez, P.A., y Sánchez, C.2013. Engorda de corderos pelibuey con diferente nivel de alfalfa en la dieta. *Arch. Zootec.* 62:457-467.
- Rios, R.F.G., Barragán, B.H., Cerrillo, S.M.A., Estrada A.A., Juárez, R.A.S., Obregón, J.F. 2012. Carcass characteristics, primal cut yields and tissue composition of Katahdin x Pelibuey lambs fed cull-chickpeas. *Rev Mex Cienc Pec.* 3:357-371.
- Ruiz, S.DL., Lara, L.PE, Sierra, V.AC., Aguilar, U.E., Magaña, M.MA., Sanginés, G. JR. 2006. Evaluación nutritiva y productiva de ovinos alimentados con heno de *Hibiscus rosa-sinensis*. *Zootecnia Trop.* 24: 467-482.

- Ruiz-Zárate, F., Cruz-Velázquez, F., Aguilar-Caballero, A.J., Olivas-Salazar, R., López-Trujillo, R., Torres-Hernández, G., Cuéllar-Ordaz, A.C. 2013. Resistencia helmíntica de ovinos Katahdin y Pelibuey en Villacorzo, Chiapas, México. *Agraria*. 10:109-114.
- Rymer, C., 2000. The measurement of forage digestibility *in vivo*. In: Givens, D.I., Owen, E., Axford, R.F.E., Omed, H.M. (Eds.), *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. CABI Publishing, London, UK, pp. 113-134.
- Sandoval-Castro, C.A., Torres-Acosta, J.F.J., Hoste, H., Salem, A.Z.M., Chan-Pérez J.I. 2012. Using Plant Bioactive Materials to Control Gastrointestinal Tract Helminths in Livestock. *Animal Feed Science and Technology*. 176: 192–201.
- Santos GT, Oliveira RL, Petit HV, Cecato U, Zeoula, Rigolon P, Damasceno JC, Franco AF, Bett V. 2000. Short communication: Effect of tannic acid on composition and ruminal degradability of Bermudagrass and Alfalfa silages. *J Dairy Sci* 83: 2016-2020.
- Saric, T., Rogosic, J., Zupan, I., Beck, R., Bosnic, S., Sikic, Z., Skobic, D., Tkalcic, S. 2015. Anthelmintic effect of three tannin-rich Mediterranean shrubs in naturally infected sheep. *Small Ruminant Research*. 123:179-182.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. *SAS Proceeding Guide, Version 9.0* SAS Institute. Cary NC.USA.
- Schalm, O. 1964. *Hepatología veterinaria*. Unión Tipográfica Editorial Americana. México. 404 pp.
- Sun, Ya-Bo., Yong, G., Zhao, Y. 2009. The relationship between the volatile fatty acids supply and the nitrogen retention in growing sheep nourished by total intragastric infusions. *Small Ruminant Research*. 81: 8-12.

- Thienpont, D., Rochette, F., Vanparijs, O.F.J. 1986. Diagnóstico de las helmintiasis por medio del examen coprológico. *Janssen Research Foundation*, Beerse, Bélgica. p. 40-43.
- Toral, P.G., Hervás, G., Bichi, E., Belenguer, Á., Frutos, P. 2011. Tannins as feed additives to modulate ruminal biohydrogenation: Effects on animal performance, milk fatty acid composition and ruminal fermentation in dairy ewes fed a diet containing sunflower oil. *Animal Feed Science and Technology*.164:199-206.
- Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Hoste, H., Aguilar Caballero, A.J., Cámara-Sarmiento, R., Alonso-Díaz, M.A., 2012. Nutritional manipulation of sheep and goats for the control of gastrointestinal nematodes under hot humid and subhumid tropical conditions. *Small Ruminant Res.* 103: 28-40.
- Villalba J.J., Miller, J., Hall, J.O., Clemensen, A.K., Stott, R., Snyder, D., Provenza, F.D. 2013. Preference for tanniferous (*Onobrychis viciifolia*) and non-tanniferous (*Astragalus cicer*) forage plants by sheep in response to challenge infection with *Haemonchus contortus*. *Small Ruminant Research.* 112:199-207.
- Wang Y, Greer D, McAllister TA. 2005. Effect of a saponin based surfactant on water absorption, processing characteristics and in vitro ruminal fermentation of barley grain. *Anim Feed Sci Technol* 118:255-266.
- Wischer, G., Greiling, A.M., Boguhn, J., Steingass, H., Schollenberger, M., Hartung K., Rodehutscord, M. 2014. Effects of long-term supplementation of chestnut and valonea extracts on methane release, digestibility and nitrogen excretion in sheep. *Animal.* 8:938-948.
- Yilmaz, Y., Toledo, R. 2006. Oxygen radical absorbance capacities of grape/wine industries byproducts and effect of solvent type on extraction of grape seed polyphenols. *Journal of food composition and analysis.* 19:41-48.

## CONCLUSIONES GENERALES

La prueba *in vitro* realizada en este estudio mostró que la concentración de 500 mg ml<sup>-1</sup> de extracto de taninos condensados de SilvaFeed® es eficiente para impedir la eclosión y el desarrollo de larvas de NGI en ovinos.

Al incluir 4 % de extractos de TC en la dieta de ovejas en el último tercio de la gestación redujo el número de huevos de nematodos del orden *Strongilos*, sin afectar el consumo voluntario, digestibilidad de la materia seca y variables ruminales (concentración de amoniaco, pH, AGVs).

En ovinos de pelo en crecimiento al incluir 4% de taninos condensados a la dieta de estos se redujo la carga parasitaria de NGI (66%), sin afectar las variables productivas como ganancia de peso, digestibilidad y rendimiento de la canal.

La suplementación de 4% de taninos condensados SilvaFeed® en la dieta redujo la carga parasitaria, a la vez que no se observaron efectos negativos en el consumo de MS, digestibilidad de nutrientes, hematocrito, balance de N o variables ruminales.

Se concluye que adicionar extracto de taninos condensados a la dieta de ovinos en condiciones de estabulación reduce y controla la carga parasitaria de NGI. Además, es importante señalar que la ventaja de utilizar extractos de taninos condensados sobre las plantas teníferas, es que sabemos la concentración exacta de taninos que les estamos suministrando en la dieta del animal evitando así la intoxicación o muerte de los animales.

## ANEXO

### CAPITULO I

Datos del experimento *in vitro* (huevos de nematodos gastrointestinales)

#### ENSAYO DE CAPACIDAD OVICIDA DEL EXTRACTO

n= 100  
huevos

POZO	CONCENTRACIÓN o TRATAMIENTO	Huevos inicial	Huevos que eclosionaron a Larva 1
1	PBS (testigo negativo)	100	95
2	PBS (testigo negativo)	100	98
3	PBS (testigo negativo)	100	92
4	PBS (testigo negativo)	100	93
5	PBS (testigo negativo)	100	94
6	PBS (testigo negativo)	100	93
7	PBS (testigo negativo)	100	94
8	PBS (testigo negativo)	100	96
9	PBS (testigo negativo)	100	95
10	PBS (testigo negativo)	100	95
11	PBS (testigo negativo)	100	95
12	PBS (testigo negativo)	100	98
13	PBS (testigo negativo)	100	92
14	PBS (testigo negativo)	100	93
15	PBS (testigo negativo)	100	96
1	Tiabendazol	100	0
2	Tiabendazol	100	0
3	Tiabendazol	100	0
4	Tiabendazol	100	0
5	Tiabendazol	100	0
6	Tiabendazol	100	0
7	Tiabendazol	100	0
8	Tiabendazol	100	0
9	Tiabendazol	100	0
10	Tiabendazol	100	0
11	Tiabendazol	100	0

12	Tiabendazol	100	0
13	Tiabendazol	100	0
14	Tiabendazol	100	0
15	Tiabendazol	100	0

**EXTRACTO + PBS**

1	125 mg/ml	100	78
2	125 mg/ml	100	77
3	125 mg/ml	100	81
4	125 mg/ml	100	81
5	125 mg/ml	100	74
6	125 mg/ml	100	77
7	125 mg/ml	100	77
8	125 mg/ml	100	76
9	125 mg/ml	100	77
10	125 mg/ml	100	77
11	125 mg/ml	100	71
12	125 mg/ml	100	79
13	125 mg/ml	100	80
14	125 mg/ml	100	73
15	125 mg/ml	100	73

**EXTRACTO + PBS**

1	250 mg/ml	100	49
2	250 mg/ml	100	52
3	250 mg/ml	100	43
4	250 mg/ml	100	47
5	250 mg/ml	100	42
6	250 mg/ml	100	42
7	250 mg/ml	100	49
8	250 mg/ml	100	54
9	250 mg/ml	100	52
10	250 mg/ml	100	53
11	250 mg/ml	100	46
12	250 mg/ml	100	52
13	250 mg/ml	100	45
14	250 mg/ml	100	48
15	250 mg/ml	100	45

**EXTRACTO + PBS**

1	500 mg/ml	100	17
---	-----------	-----	----



2	500 mg/ml	100	29
3	500 mg/ml	100	29
4	500 mg/ml	100	28
5	500 mg/ml	100	17
6	500 mg/ml	100	29
7	500 mg/ml	100	28
8	500 mg/ml	100	20
9	500 mg/ml	100	26
10	500 mg/ml	100	22
11	500 mg/ml	100	22
12	500 mg/ml	100	19
13	500 mg/ml	100	22
14	500 mg/ml	100	30
15	500 mg/ml	100	31

Datos del experimento *in vitro* (larvas de nematodos gastrointestinales)

#### ENSAYO DE CAPACIDAD LARVICIDA DEL EXTRACTO

n= 100 larvas

POZO	CONCENTRACIÓN	Larvas inicial	Larva 1 a Larva 2	Larva 2 a Larva 3
1	PBS (testigo negativo)	100	98	97
2	PBS (testigo negativo)	100	94	90
3	PBS (testigo negativo)	100	93	91
4	PBS (testigo negativo)	100	98	96
5	PBS (testigo negativo)	100	99	98
6	PBS (testigo negativo)	100	97	97
7	PBS (testigo negativo)	100	98	98
8	PBS (testigo negativo)	100	95	89
9	PBS (testigo negativo)	100	95	87
10	PBS (testigo negativo)	100	98	95
11	PBS (testigo negativo)	100	97	96
12	PBS (testigo negativo)	100	97	93
13	PBS (testigo negativo)	100	98	97
14	PBS (testigo negativo)	100	95	91
15	PBS (testigo negativo)	100	95	94

1	Tiabendazol	100	0	0
2	Tiabendazol	100	0	0
3	Tiabendazol	100	0	0
4	Tiabendazol	100	0	0
5	Tiabendazol	100	0	0
6	Tiabendazol	100	0	0
7	Tiabendazol	100	0	0
8	Tiabendazol	100	0	0
9	Tiabendazol	100	0	0
10	Tiabendazol	100	0	0
11	Tiabendazol	100	0	0
12	Tiabendazol	100	0	0
13	Tiabendazol	100	0	0
14	Tiabendazol	100	0	0
15	Tiabendazol	100	0	0

**EXTRACTO + PBS**

1	125 mg/ml	100	55	35
2	125 mg/ml	100	54	37
3	125 mg/ml	100	60	42
4	125 mg/ml	100	58	38
5	125 mg/ml	100	63	39
6	125 mg/ml	100	62	34
7	125 mg/ml	100	56	38
8	125 mg/ml	100	60	34
9	125 mg/ml	100	60	43
10	125 mg/ml	100	62	41
11	125 mg/ml	100	59	37
12	125 mg/ml	100	60	39
13	125 mg/ml	100	61	41
14	125 mg/ml	100	56	38
15	125 mg/ml	100	60	41

**EXTRACTO + PBS**

1	250 mg/ml	100	32	19
2	250 mg/ml	100	28	18
3	250 mg/ml	100	27	14
4	250 mg/ml	100	29	16
5	250 mg/ml	100	29	18
6	250 mg/ml	100	33	17

7	250 mg/ml	100	28	14
8	250 mg/ml	100	32	20
9	250 mg/ml	100	27	18
10	250 mg/ml	100	33	17
11	250 mg/ml	100	35	21
12	250 mg/ml	100	27	19
13	250 mg/ml	100	28	16
14	250 mg/ml	100	26	14
15	250 mg/ml	100	28	18

**EXTRACTO + PBS**

1	500 mg/ml	100	15	4
2	500 mg/ml	100	25	3
3	500 mg/ml	100	21	6
4	500 mg/ml	100	21	7
5	500 mg/ml	100	24	9
6	500 mg/ml	100	19	5
7	500 mg/ml	100	24	4
8	500 mg/ml	100	18	5
9	500 mg/ml	100	18	9
10	500 mg/ml	100	11	3
11	500 mg/ml	100	13	7
12	500 mg/ml	100	17	7
13	500 mg/ml	100	14	5
14	500 mg/ml	100	24	6
15	500 mg/ml	100	11	6

## CAPITULO II. Borregas en gestación

*Datos para conteo de huevos y hematocrito*

TRAT	ANIMAL	TIEMPO	CONHUEVO	HEMATO
1	2	0	50	33
1	3	0	50	35
1	4	0	150	27
1	5	0	100	27
1	6	0	250	37
1	7	0	50	32
1	8	0	50	33
1	9	0	100	32
1	10	0	250	36
1	12	1	50	31
1	13	1	250	39
1	14	1	50	24
1	15	1	50	28
1	16	1	50	39
1	17	1	50	36
1	18	1	100	32
1	19	1	100	33
1	20	1	100	38
1	22	2	100	31
1	23	2	50	35
1	24	2	50	27
1	25	2	50	25
1	26	2	100	33
1	27	2	50	29
1	28	2	50	31
1	29	2	100	29
1	30	2	50	34
1	32	3	50	30
1	33	3	50	37
1	34	3	50	27
1	35	3	50	30
1	36	3	50	36
1	37	3	50	27
1	38	3	50	32
1	39	3	100	30
1	40	3	50	34

---

1	42	4	50	33
1	43	4	50	37
1	44	4	50	30
1	45	4	50	29
1	46	4	100	34
1	47	4	50	25
1	48	4	50	27
1	49	4	100	32
1	50	4	50	36
1	52	5	50	29
1	53	5	50	35
1	54	5	50	25
1	55	5	50	27
1	56	5	100	33
1	57	5	50	30
1	58	5	50	30
1	59	5	50	31
1	60	5	50	37
1	62	6	50	31
1	63	6	50	34
1	64	6	50	27
1	65	6	50	34
1	66	6	50	35
1	67	6	50	32
1	68	6	50	33
1	69	6	50	35
1	70	6	50	39
2	71	0	350	32
2	72	0	100	33
2	73	0	250	36
2	74	0	50	39
2	75	0	50	35
2	76	0	50	31
2	77	0	200	34
2	78	0	50	34
2	79	0	50	36
2	80	0	50	34
2	81	1	200	41
2	82	1	50	35
2	83	1	50	33
2	84	1	50	39
2	85	1	100	32

---

---

2	86	1	100	31
2	87	1	150	40
2	88	1	100	34
2	89	1	200	37
2	90	1	50	36
2	91	2	50	36
2	92	2	50	30
2	93	2	100	31
2	94	2	50	31
2	95	2	100	26
2	96	2	50	31
2	97	2	50	39
2	98	2	50	29
2	99	2	50	32
2	100	2	50	32
2	101	3	0.1	38
2	102	3	0.1	32
2	103	3	100	31
2	104	3	0.1	37
2	105	3	0.1	29
2	106	3	0.1	29
2	107	3	0.1	36
2	108	3	50	25
2	109	3	50	34
2	110	3	50	31
2	111	4	0.1	41
2	112	4	0.1	30
2	113	4	50	29
2	114	4	0.1	35
2	115	4	0.1	30
2	116	4	0.1	31
2	117	4	0.1	37
2	118	4	0.1	26
2	119	4	0.1	33
2	120	4	0.1	34
2	121	5	0.1	37
2	122	5	0.1	30
2	123	5	0.1	32
2	124	5	0.1	32
2	125	5	0.1	27
2	126	5	0.1	29
2	127	5	0.1	32

---

---

2	128	5	0.1	25
2	129	5	0.1	33
2	130	5	0.1	28
2	131	6	0.1	40
2	132	6	0.1	32
2	133	6	0.1	39
2	134	6	0.1	38
2	135	6	0.1	27
2	136	6	0.1	30
2	137	6	0.1	36
2	138	6	0.1	31
2	139	6	0.1	35
2	140	6	0.1	36

---

## Variables evaluadas

TRAT= tratamiento; Animal, PV (kg), PMET= peso metabólico 0.75, CMS= consumo de materia seca, CFDN= consumo de fibra detergente neutro CCNF= consumo carbohidratos no estructurales, DMS= digestibilidad de materia seca, MSF= materia seca heces, FDNF= fibra detergente neutra heces, CN= consumo de nitrógeno, NF= nitrógeno en las heces, NO= nitrógeno en orina, CNNALR= concentración nitrógeno no amoniacal en liquido ruminal.

INPUT	TRAT	Animals	PV	PMET	CMS	CFDN	CCNF	DMS	MSF	FDNF	CN	NF	NO	CNNALR
CARDS:														
1	114r	34	14.08	1010	327.06	449.54	80.01	202	100.22	22.59	5.50	20.06	12.82	
1	74x	26.5	11.68	971	312.92	432.00	75.29	240	119.58	21.84	7.07	6.93	20.05	
1	36t	39.5	15.76	1411	456.73	630.76	75.44	347	184.10	31.70	10.16	15.26	5.06	
1	88r	42.5	16.65	1342	431.50	608.95	75.47	329	165.94	30.20	8.83	7.16	29.40	
1	46x	43.5	16.94	1512	481.58	684.28	74.94	379	185.96	34.01	10.41	12.99	14.47	
1	262y	27.5	12.01	1036	335.48	465.03	79.88	208	104.36	23.51	5.82	24.41	28.92	
1	152u	42.5	16.65	1477	473.24	657.04	77.48	333	184.75	33.61	9.39	24.75	4.87	
1	78n	53	19.64	524	184.30	246.45	85.91	74	30.26	11.78	2.02	5.46	27.44	
1	48t	47.5	18.09	1341	430.51	603.48	75.22	332	182.62	29.89	9.67	10.94	15.72	
2	120x	42.5	16.65	1679	546.14	715.96	76.75	390	207.97	38.26	8.45	11.82	8.50	
2	132x	41.5	16.35	1020	332.74	427.74	72.91	276	143.60	23.52	7.24	8.88	11.51	
2	218x	27	11.84	1221	400.55	512.88	76.45	287	163.79	28.03	7.09	27.04	14.14	
2	162f	56	20.47	1667	546.36	706.33	77.63	373	208.96	38.07	10.40	8.20	12.35	
2	52a	46.5	17.81	2303	753.61	973.25	79.96	461	221.66	52.91	12.49	27.62	5.04	
2	78t	47	17.95	877	305.81	360.26	67.38	286	144.68	20.17	7.74	5.55	23.94	
2	72x	52.7	19.56	1492	488.54	630.13	75.09	372	181.34	34.34	10.25	21.09	21.21	
2	27n	44	17.08	1595	524.67	669.21	82.47	280	139.71	36.83	7.72	17.14	22.41	
2	24x	47	17.95	2118	692.12	891.85	72.38	585	296.33	48.70	15.94	25.36	10.33	
2	98r	67	23.42	510	169.20	226.14	78.29	111	58.24	11.45	3.48	3.15	22.81	



## Ácidos grasos volátiles

TRAT=Tratamiento, Animal, pH, NNH3= Nitrógeno Amoniacal, Ace= Acético, Pro= Propiónico, But= Butírico, en liquido ruminal

TRAT	Animal	PH	TempH	NNH3	Ace	Pro	But	Acetico	Propionico	Butirico
1	114r	5.8	28	12.82	24.57	2.69	3.66	79.47	8.69	11.85
1	74x	5.57	31.2	20.05	27.65	2.78	6.11	75.66	7.61	16.73
1	36t	5.87	30	5.06	14.93	2.98	5.89	62.74	12.53	24.74
1	88r	5.91	26.7	29.4	39.55	17.96	14.61	54.84	24.9	20.25
1	46x	6.37	30.8	14.47	26.18	10.81	5.1	62.21	25.69	12.11
1	262y	5.83	28.5	28.92	41.91	3.44	8.37	78.03	6.4	15.58
1	152u	6.08	28.3	4.87	33.39	10	6.35	67.12	20.11	12.77
1	78n	5.78	26.3	27.44	19.44	2.06	4.53	74.69	7.9	17.42
1	48t	5.97	28.1	15.72	47.38	12.86	11.3	66.22	17.98	15.8
2	120x	5.81	27.6	8.5	52.5	15.07	16.76	62.25	17.87	19.87
2	132x	6.05	29.4	11.51	34.35	11.1	7.87	64.43	20.81	14.76
2	218x	5.74	28.6	14.14	48.63	13.16	12.62	65.36	17.68	16.96
2	162f	5.88	30.3	12.35	49.56	9.94	13.25	68.13	13.66	18.21
2	52s	6.22	29.9	5.04	33.99	11.8	7.43	63.86	22.17	13.96
2	78t	6.04	28.7	23.94	35.42	7.16	7.71	70.44	14.24	15.33
2	72x	5.9	27.8	21.21	47.23	12.6	17.39	61.16	16.32	22.51
2	27n	5.67	29.8	22.41	57.37	12.41	14.34	68.2	14.76	17.04
2	24x	6.14	29.1	10.33	39.87	11.63	11.71	63.07	18.4	18.53
2	98r	6.41	26.9	22.81	33.36	4.92	6.61	74.31	10.96	14.73

### CAPITULO III. Ovinos en crecimiento

Datos del experimento *in vivo* (conteo de huevos McMaster, y hematocrito)

TRAT	ANIMAL	TIEMPO	CONTHUEVO	HEMATOCRITO
1	1	0	3400	20
1	2	0	550	31
1	3	0	3000	18
1	4	0	800	32
1	5	0	950	29
1	6	0	2800	29
1	7	0	650	27
1	8	0	1450	27
1	9	0	800	28
1	10	0	2000	27
1	11	0	1400	27
1	1	1	3250	35
1	2	1	850	30
1	3	1	3400	34
1	4	1	1300	38
1	5	1	850	34
1	6	1	2000	36
1	7	1	2250	23
1	8	1	1600	35
1	9	1	1750	34
1	10	1	1400	35
1	11	1	1600	34
1	1	2	3450	36
1	2	2	1000	36
1	3	2	3650	26
1	4	2	1350	36
1	5	2	2400	33
1	6	2	950	36
1	7	2	1450	39
1	8	2	750	36
1	9	2	800	36
1	10	2	500	33
1	11	2	2400	35
1	1	3	3150	27
1	2	3	850	28
1	3	3	3750	29
1	4	3	1750	40

---

1	5	3	2650	40
1	6	3	1000	20
1	7	3	1250	36
1	8	3	1500	29
1	9	3	1150	35
1	10	3	1000	26
1	11	3	3250	40
1	1	4	2750	38
1	2	4	500	43
1	3	4	3500	35
1	4	4	1800	40
1	5	4	2500	41
1	6	4	750	42
1	7	4	850	35
1	8	4	1250	32
1	9	4	900	17
1	10	4	750	37
1	11	4	2500	33
1	1	5	2200	36
1	2	5	550	42
1	3	5	2800	36
1	4	5	1500	35
1	5	5	2250	36
1	6	5	800	40
1	7	5	650	36
1	8	5	1100	39
1	9	5	750	35
1	10	5	500	39
1	11	5	1950	34
2	1	0	1860	32
2	2	0	1550	26
2	3	0	800	36
2	4	0	2000	32
2	5	0	2350	27
2	6	0	1600	29
2	7	0	2500	26
2	8	0	2350	29
2	9	0	1000	30
2	10	0	2150	27
2	11	0	1250	26
2	1	1	0.1	35
2	2	1	0.1	25

---

---

2	3	1	0.1	39
2	4	1	0.1	37
2	5	1	0.1	34
2	6	1	0.1	33
2	7	1	0.1	39
2	8	1	0.1	43
2	9	1	0.1	35
2	10	1	0.1	40
2	11	1	0.1	32
2	1	2	0.1	37
2	2	2	0.1	30
2	3	2	0.1	29
2	4	2	0.1	32
2	5	2	0.1	36
2	6	2	0.1	33
2	7	2	0.1	30
2	8	2	0.1	35
2	9	2	0.1	37
2	10	2	0.1	34
2	11	2	0.1	34
2	1	3	0.1	38
2	2	3	0.1	24
2	3	3	0.1	26
2	4	3	0.1	32
2	5	3	0.1	32
2	6	3	0.1	30
2	7	3	0.1	39
2	8	3	0.1	30
2	9	3	0.1	30
2	10	3	0.1	36
2	11	3	0.1	36
2	1	4	50	35
2	2	4	0.1	37
2	3	4	50	41
2	4	4	50	39
2	5	4	0.1	37
2	6	4	50	39
2	7	4	0.1	39
2	8	4	0.1	33
2	9	4	50	37
2	10	4	100	40
2	11	4	0.1	38

---

---

2	1	5	50	38
2	2	5	50	38
2	3	5	50	37
2	4	5	50	35
2	5	5	50	39
2	6	5	50	36
2	7	5	50	38
2	8	5	0.1	37
2	9	5	100	39
2	10	5	100	39
2	11	5	100	34
3	1	0	950	28
3	2	0	1850	30
3	3	0	1450	32
3	4	0	2650	30
3	5	0	1850	28
3	6	0	600	28
3	7	0	2650	26
3	8	0	1000	26
3	9	0	1450	30
3	10	0	2400	29
3	11	0	1550	31
3	1	1	730	40
3	2	1	1500	37
3	3	1	850	34
3	4	1	900	36
3	5	1	350	29
3	6	1	1000	36
3	7	1	700	37
3	8	1	700	42
3	9	1	650	38
3	10	1	1350	37
3	11	1	1150	35
3	1	2	400	40
3	2	2	650	35
3	3	2	500	39
3	4	2	300	40
3	5	2	800	33
3	6	2	300	38
3	7	2	250	36
3	8	2	350	36
3	9	2	250	43

---

---

3	10	2	750	34
3	11	2	600	27
3	1	3	350	33
3	2	3	250	30
3	3	3	250	36
3	4	3	150	38
3	5	3	150	27
3	6	3	50	28
3	7	3	0.1	25
3	8	3	50	28
3	9	3	0.1	24
3	10	3	150	36
3	11	3	150	28
3	1	4	500	42
3	2	4	200	32
3	3	4	250	46
3	4	4	100	39
3	5	4	100	37
3	6	4	50	41
3	7	4	0.1	42
3	8	4	100	41
3	9	4	50	40
3	10	4	100	39
3	11	4	150	36
3	1	5	450	36
3	2	5	250	34
3	3	5	300	42
3	4	5	50	36
3	5	5	50	36
3	6	5	50	39
3	7	5	0.1	36
3	8	5	150	41
3	9	5	50	41
3	10	5	100	41
3	11	5	200	37

---

## Géneros de parásitos encontrados

1) Haemonchus, 2) Teladorsagia, 3) Trichostrongylus, 4) Nematodirus, 5) Cooperia, 6) Bunostomum, 7) Oesophagostomum, 8) Chabertia.

TRAT	ANIMAL	TIEMPO	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0	22	9	2	10	38	10	2	7
1	2	0	10	8	3	9	58	0.1	0.1	12
1	3	0	18	14	15	8	25	8	2	10
1	4	0	9	11	0.1	19	52	0.1	1	8
1	5	0	10	9	5	27	25	0.1	7	17
1	6	0	11	7	5	20	43	0.1	0.1	14
1	7	0	5	22	4	11	42	0.1	0.1	16
1	8	0	9	14	9	20	39	0.1	0.1	9
1	9	0	6	10	6	15	41	0.1	8	14
1	10	0	2	8	4	23	51	1	5	6
1	11	0	8	9	3	19	39	0.1	4	18
1	1	1	7	12	15	7	4	18	27	10
1	2	1	13	12	8	3	23	21	16	4
1	3	1	14	20	15	13	1	2	9	25
1	4	1	9	20	11	2	8	9	23	18
1	5	1	12	13	15	16	5	12	10	17
1	6	1	2	16	16	12	16	10	14	14
1	7	1	19	15	15	4	17	13	10	7
1	8	1	7	1	18	11	13	25	16	10
1	9	1	2	24	3	18	23	8	1	21
1	10	1	3	18	8	17	18	10	8	18
1	11	1	13	8	6	27	19	9	4	14
1	1	2	11	20	14	9	18	9	4	15
1	2	2	19	9	2	20	7	16	19	7
1	3	2	16	9	17	16	3	11	12	15
1	4	2	18	13	17	16	10	17	2	7
1	5	2	8	7	20	16	19	3	18	10
1	6	2	23	3	2	24	13	13	15	8
1	7	2	2	23	20	2	5	27	8	14
1	8	2	16	10	18	18	5	17	10	5
1	9	2	10	17	17	15	3	15	7	14
1	10	2	12	17	8	15	1	14	14	20
1	11	2	7	5	23	4	4	14	24	20
1	1	3	9	19	21	3	11	17	4	16

---

1	2	3	12	12	14	6	18	0.1	19	19
1	3	3	10	35	13	4	4	0.1	29	4
1	4	3	15	9	11	15	13	11	3	22
1	5	3	23	22	8	1	5	8	26	7
1	6	3	24	7	5	2	22	1	13	26
1	7	3	12	17	7	5	11	15	18	16
1	8	3	11	9	10	18	16	13	7	16
1	9	3	19	10	23	2	13	3	26	4
1	10	3	15	11	8	20	2	15	20	10
1	11	3	0.1	6	7	19	4	24	18	23
1	1	4	30	4	11	6	5	8	21	15
1	2	4	18	16	4	9	18	11	19	6
1	3	4	7	10	3	19	11	19	6	24
1	4	4	3	9	20	34	0	9	19	5
1	5	4	7	17	9	13	17	18	13	7
1	6	4	5	7	14	24	7	22	17	3
1	7	4	9	13	9	16	12	8	16	17
1	8	4	13	12	17	3	14	12	17	12
1	9	4	9	1	16	14	16	22	15	7
1	10	4	8	23	19	7	5	22	8	8
1	11	4	22	15	12	4	7	11	20	8
1	1	5	13	11	17	23	4	20	5	7
1	2	5	16	3	18	15	9	15	8	17
1	3	5	3	8	27	1	26	17	8	10
1	4	5	8	15	7	11	18	17	13	10
1	5	5	22	2	20	9	22	10	4	11
1	6	5	27	9	3	29	8	0.1	4	18
1	7	5	2	6	17	15	11	12	19	18
1	8	5	4	5	5	19	22	16	4	25
1	9	5	18	18	9	15	6	12	9	13
1	10	5	26	9	2	16	24	1	12	10
1	11	5	15	25	10	14	9	22	2	2
2	1	0	7	2	6	12	35	1	6	31
2	2	0	13	3	3	12	54	0.1	0.1	15
2	3	0	6	3	2	46	36	0.1	0.1	7
2	4	0	10	19	15	10	33	0.1	0.1	13
2	5	0	9	27	6	21	31	0.1	2	4
2	6	0	6	4	14	49	24	1	0.1	2
2	7	0	14	13	5	12	56	0.1	0.1	0.1
2	8	0	2	45	9	5	27	0.1	4	8
2	9	0	4	27	1	8	42	0.1	6	12
2	10	0	17	5	2	14	41	0.1	9	12

---



---

2	11	0	15	8	0.1	4	50	0.1	12	11
2	1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	2	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	3	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	4	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	5	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	6	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	7	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	8	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	9	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	10	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	11	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	1	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	2	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	3	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	4	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	5	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	6	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	7	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	8	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	9	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	10	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	11	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	1	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	2	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	3	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	4	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	5	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	6	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	7	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	8	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	9	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	10	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	11	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	1	4	5	10	10	0.1	0.1	12	9	2
2	2	4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	3	4	8	5	4	9	7	10	6	0.1
2	4	4	7	9	12	6	1	1	5	8
2	5	4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	6	4	11	2	4	1	3	15	7	7
2	7	4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	8	4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

---

---

2	9	4	8	13	2	7	2	5	11	2
2	10	4	9	15	12	10	17	6	13	18
2	11	4	0.1	4	6	11	11	3	6	8
2	1	5	7	7	0.1	3	5	8	9	9
2	2	5	9	10	4	3	5	2	6	11
2	3	5	5	4	3	5	3	11	7	12
2	4	5	7	5	3	3	6	7	10	8
2	5	5	7	9	1	6	11	1	6	8
2	6	5	9	3	10	4	7	4	8	7
2	7	5	2	9	6	0.1	10	7	6	10
2	8	5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0
2	9	5	13	8	27	2	12	6	4	26
2	10	5	15	9	12	21	9	20	3	10
2	11	5	0.1	6	28	28	10	22	4	1
3	1	0	8	10	8	19	34	0.1	8	13
3	2	0	4	1	7	14	70	0.1	2	2
3	3	0	2	3	1	8	72	0.1	0.1	14
3	4	0	10	25	6	13	43	0.1	2	1
3	5	0	6	49	8	3	30	0.1	4	0.1
3	6	0	8	10	6	16	41	0.1	7	12
3	7	0	13	7	9	1	50	0.1	6	14
3	8	0	9	24	1	15	39	0.1	0.1	12
3	9	0	9	5	4	25	40	0.1	0.1	17
3	10	0	5	19	2	17	34	0.1	0.1	23
3	11	0	12	25	0.1	10	49	0.1	0.1	4
3	1	1	17	4	17	8	11	13	13	17
3	2	1	22	6	24	2	14	7	12	13
3	3	1	17	15	11	12	12	6	16	10
3	4	1	2	6	24	2	28	11	9	19
3	5	1	0.1	19	5	5	24	19	19	9
3	6	1	10	3	7	8	12	19	24	16
3	7	1	16	14	7	14	17	6	8	18
3	8	1	2	21	6	2	22	27	18	3
3	9	1	13	14	7	9	9	16	15	17
3	10	1	3	23	7	14	24	6	14	9
3	11	1	3	19	12	7	16	19	10	14
3	1	2	8	12	11	11	10	16	16	17
3	2	2	0.1	39	1	11	3	2	35	11
3	3	2	6	11	4	18	19	1	23	18
3	4	2	21	18	9	4	14	8	12	13
3	5	2	13	18	16	15	18	7	12	2
3	6	2	21	6	12	22	9	22	7	1

---

3	7	2	6	17	18	10	6	9	18	15
3	8	2	17	12	26	16	10	14	2	3
3	9	2	6	9	17	15	14	12	10	17
3	10	2	14	17	16	15	11	11	6	10
3	11	2	22	21	10	8	19	6	0.1	15
3	1	3	14	12	9	17	16	14	8	11
3	2	3	15	11	13	5	20	5	14	17
3	3	3	18	21	17	15	8	5	13	3
3	4	3	18	11	16	10	11	17	11	6
3	5	3	10	0.1	18	6	21	35	3	7
3	6	3	1	8	9	2	3	14	8	5
3	7	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3	8	3	1	11	5	2	10	1	11	9
3	9	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3	10	3	17	18	16	19	23	24	17	17
3	11	3	12	15	23	19	25	11	22	23
3	1	4	5	3	15	19	9	13	22	15
3	2	4	11	23	0.1	22	11	17	10	5
3	3	4	2	16	34	19	11	0.1	3	15
3	4	4	12	14	23	7	15	7	7	15
3	5	4	22	19	18	11	1	1	12	17
3	6	4	5	11	9	2	4	3	9	6
3	7	4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3	8	4	19	0.1	9	2	1	30	31	7
3	9	4	6	8	7	7	10	4	3	5
3	10	4	23	3	6	20	2	20	9	16
3	11	4	26	18	7	14	17	37	1	31
3	1	5	11	17	22	4	10	11	6	19
3	2	5	8	1	18	26	1	18	22	7
3	3	5	19	15	18	14	14	10	3	6
3	4	5	9	1	5	19	2	12	1	0.1
3	5	5	1	6	4	3	12	6	8	11
3	6	5	9	5	1	6	6	16	4	3
3	7	5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3	8	5	32	13	16	0.1	25	12	44	8
3	9	5	5	5	14	2	6	7	0.1	9
3	10	5	15	5	7	6	18	12	19	19
3	11	5	17	46	31	2	1	29	29	46

## Variables productivas

### Consumo y digestibilidad *in vivo*

CMS= Consumo de materia seca, CFDN= consumo de fibra detergente, CCNF= contenido de carbohidratos no fibrosos, DMS= digestibilidad de materia seca, DFND= digestibilidad de la fibra neutro detergente, BN= balance de nitrógeno, RN= retención de nitrógeno.

TRAT	ANIMAL	CMS	CFDN	CCNF	DMS	DFND	BN	RN
1	6	1126	293.14	553.25	59.66	12.19	237	798.7
1	9	1352	345.06	678.98	60.02	17.68	240	718.73
1	22	1217	307.22	614.63	70.91	37.36	327	1088.61
1	27	1149	302.36	568.72	75.87	56.17	305	1061.42
1	32	1158	295.77	580.56	61.99	37.49	303	1059.66
2	8	1164	297.07	583.84	64.82	23.49	301	1048.23
2	12	935	242.7	464.61	69.97	35.84	238	1019.99
2	24	969	248.75	485.48	62.24	21.77	174	722.22
2	28	1000	265.49	493.81	59.77	26.11	134	538.52
2	33	934	238.44	469.37	63.47	22.81	159	685.12
3	2	1320	339.87	695.83	56.19	3.23	313	1084.54
3	18	1189	314.94	619.95	62.73	26.4	384	1479.33
3	19	1079	281.43	573.77	63.99	14.38	286	1234.89
3	21	839	231.41	428.41	80	58.19	163	894.89
3	29	956	244.56	506.64	44.52	21.63	248	1207.26

## Variables productivas

PI= peso inicial, PF= peso final, GDP= ganancia diaria de peso ovinos, CMS= consumo de materia seca, CA= conversion alimenticia, EA= eficiencia alimenticia, EGD= espesor grasa dorsal, AM= area del musculo, FRAP= antioxidantes.

TRAT	ANIMA L	PI	PF	GDP	CMS	CA	EA	EGD	AM	FRAP
1	5	19.4	38.3	315	1285.37	4.081	0.245	2.5	809	391.86
1	6	19.8	36.15	273	1284.27	4.713	0.212	2.5	790	332.52
1	9	21.9	35.1	220	1269.28	5.769	0.173	2.5	904.5	275.87
1	10	21.9	41.05	319	1411.12	4.421	0.226	2.5	950	247.8
1	14	21.5	38.1	277	1311.08	4.739	0.211	2.5	829.5	321.13
1	15	21.5	39.3	297	1240.08	4.18	0.239	2.5	838	307.4
1	22	18.1	31.2	218	1150.38	5.269	0.19	2.5	681	338.94
1	27	20	34.2	237	1192.67	5.039	0.198	2.5	398	419.6
1	30	24.8	43.6	313	1386.98	4.427	0.226	2.5	846	356.02
1	31	20	39.5	325	1344.83	4.138	0.242	2.5	993	305.57
1	32	15.5	31.4	265	1175.67	4.436	0.225	2.5	820.5	310.15
2	1	19.2	32.1	215	903.6	4.203	0.238	2.5	800.5	292.37
2	7	17.8	32.2	240	1109.98	4.625	0.216	2	660	357.23
2	8	15.5	29.3	230	1216.42	5.289	0.189	2.5	693.5	496.57
2	11	21.8	41.1	322	1357.4	4.22	0.237	2.5	835.5	291.51
2	12	19.2	31.8	210	1038.35	4.945	0.202	2.5	356.5	334.31
2	13	20.9	36	252	1148.62	4.564	0.219	2.5	943	269.9
2	20	19.5	37.35	298	1286.42	4.324	0.231	2.5	735	317.64
2	24	17.8	31	220	930.73	4.231	0.236	2	333	467.38
2	25	20.4	38.1	295	1214.7	4.118	0.243	2.5	942	340.87
2	28	17	31	233	1016.92	4.358	0.229	2.5	714	331.9
2	33	23	30.8	130	945.83	7.276	0.137	2.5	854.5	305.19
3	2	18.8	36.9	302	1382.48	4.583	0.218	2.5	804	343.92
3	3	21.5	39.1	293	1362.92	4.646	0.215	2.5	971.5	279.45
3	4	23.5	39.9	273	1267.5	4.637	0.216	2.5	926	441.12
3	16	22.4	38.3	265	1368.45	5.164	0.194	2.5	854	346.11
3	17	20.8	33.8	217	1310.57	6.049	0.165	2.5	898	319.25
3	18	18.5	33.2	245	1247.58	5.092	0.196	2.5	707	308.28
3	19	17.4	27.7	172	1136.95	6.623	0.151	2	630	351.17
3	21	19.4	30.7	188	998.37	5.301	0.189	2.5	920	381.04
3	23	22.8	39.6	280	1308.15	4.672	0.214	2.5	909	366.24
3	26	25	37.1	202	1368.08	6.784	0.147	2.5	961	356.41
3	29	15.5	23.1	127	877.42	6.927	0.144	2	570.5	399.97

## AGV

AGV1 = los datos están en concentración milimol (mmol).

AGV2= los datos están en porcentajes.

TRAT	ANIMA L	Acetico 1	propionico 1	butirico1	acetico 2	propionico 2	butirico 2	NHN3
1	5	18.59	7.04	4.2	62.32	23.6	14.08	16.1
1	6	27.16	14.17	5.69	57.76	30.14	12.1	9.14
1	9	25.16	13.71	1.95	61.64	33.59	4.78	5.11
1	10	26.02	11.35	4.53	62.1	27.09	10.81	17
1	14	23.81	12.26	3.5	60.17	30.98	8.85	11.9
1	15	39.93	15.53	8.75	62.19	24.19	13.63	4.78
1	22	31.36	14.96	4.91	61.21	29.2	9.58	5.85
1	27	17.05	13.31	4.7	48.63	37.96	13.41	9.55
1	30	20.12	20.53	2.91	46.19	47.13	6.68	3.42
1	31	13.9	9.34	3.44	52.1	35.01	12.89	4.85
1	32	2.71	2.18	1.1	45.24	36.39	18.36	3.31
2	1	25.03	12.2	4.34	60.21	29.35	10.44	5.05
2	7	33.88	14.4	3.6	65.3	27.76	6.94	6.19
2	8	55.15	17.66	18.88	60.15	19.26	20.59	4.74
2	11	28.86	12.06	4.73	63.22	26.42	10.36	19.6
2	12	9.07	3.64	1.42	64.19	25.76	10.05	11
2	13	29.17	11.57	4.74	64.14	25.44	10.42	21
2	20	29.93	14.06	4.9	61.22	28.76	10.02	4.64
2	24	32.27	16.23	3.06	62.59	31.48	5.93	4.96
2	25	23.25	15.21	5.32	53.11	34.74	12.15	7.56
2	28	39.28	32.14	10.93	47.7	39.03	13.27	8.38
2	33	15.19	11.67	2.38	51.95	39.91	8.14	4.33
3	2	22.51	13.92	6.09	52.94	32.74	14.32	5.78
3	3	26.94	10.79	5.3	62.61	25.08	12.32	10.6
3	4	36.72	16.29	5.4	62.87	27.89	9.24	14.2
3	16	24.07	10.58	4.16	62.02	27.26	10.72	8.55
3	17	27.9	12.46	3.94	62.98	28.13	8.89	9.31
3	18	13.42	6.05	4.16	56.79	25.6	17.6	7.41
3	19	4.94	5.45	2.26	39.05	43.08	17.87	4.78
3	21	21.24	10.84	3.2	60.2	30.73	9.07	5.51
3	23	29.12	13.53	3.21	63.5	29.5	7	5.85
3	26	15.46	11.04	3.44	51.64	36.87	11.49	10.5
3	29	21.27	8.78	3.22	63.93	26.39	9.68	5.26

## Rendimiento de la canal

TRAT= tratamiento, ANIMAL, PVS= peso vivo al sacrificio, PVV= peso vivo vacío, PCC= peso canal caliente, PCF= peso canal fría, RCC= rendimiento canal caliente, RCF= rendimiento canal fría, RBCC= rendimiento biológico canal caliente, RBCF= rendimiento biológico canal fría, pH= pH sacrificio, pHp= pH postmortem= PHLR = pH liquido ruminal.

TRAT	ANIMAL	PVS	PVV	PCC	PCF	RCC	RCF	RBCC	RBCF	PHS	PHP	PHLR
	L											
1	5	36.6	34.68	18.3	17.9	50	48.9	52.78	51.62	6.1	5.08	6.7
1	10	38.4	35.85	19.8	18.5	51.6	48.2	55.23	51.6	6.07	5.51	5.33
1	14	36.9	33.6	18	17.6	48.8	47.7	53.57	52.38	6.29	5.56	6.24
1	15	35.9	34	18	17.4	50.1	48.5	52.94	51.18	6.33	5.71	6.34
1	30	42.2	38.85	21	19.7	49.8	46.7	54.05	50.71	6.21	6.43	5.6
1	31	36.5	34	19.5	19.1	53.4	52.3	57.35	56.18	6.25	5.24	6.4
2	1	30.1	28.15	15.1	14.8	50.2	49.2	53.64	52.58	6.11	5.91	6.07
2	7	29.5	28.25	13.8	13	46.8	44.1	48.85	46.02	6.15	5.36	6.2
2	11	41.1	37.1	19.6	19.2	47.7	46.7	52.83	51.75	6.06	5.27	5.87
2	13	34.8	32.15	16.6	16.1	47.6	46.3	51.48	50.08	6.02	5.72	6.4
2	20	35	33.45	18.1	17.9	51.6	51.1	53.96	53.51	6.03	5.41	6.05
2	25	35.4	33.45	17.8	17.3	50.3	48.9	53.27	51.72	6.33	5.87	6.06
3	3	37.5	34	19.2	18.8	51.2	50.1	56.47	55.29	6.16	5.05	6.01
3	4	38.7	36.3	19.4	19	50.1	49.1	53.44	52.34	6.14	5.61	6.07
3	16	35.9	32.55	17.9	17.2	49.9	47.9	54.99	52.84	6.12	5.41	6.65
3	17	37.5	36.55	17.2	16.8	45.7	44.8	46.92	45.96	6.04	5.36	5.92
3	23	38.6	34.7	18.7	18.1	48.5	46.9	53.89	52.16	6.08	5.12	5.99
3	26	36	32.9	18.5	18.1	51.4	50.3	56.23	55.02	6.18	5.48	6.37