



Theses and Dissertations

---

2009

**Metabolic effect of three protein levels in the nutrition of alpacas  
(Lama pacus) in the experimental station of Brigham Young  
University**

Rolando Freddy Uruña Tito  
*Brigham Young University - Provo*

Follow this and additional works at: <https://scholarsarchive.byu.edu/etd>



Part of the [Plant Sciences Commons](#)

---

**BYU ScholarsArchive Citation**

Uruña Tito, Rolando Freddy, "Metabolic effect of three protein levels in the nutrition of alpacas (Lama pacus) in the experimental station of Brigham Young University" (2009). *Theses and Dissertations*. 5443. <https://scholarsarchive.byu.edu/etd/5443>

This Thesis is brought to you for free and open access by BYU ScholarsArchive. It has been accepted for inclusion in Theses and Dissertations by an authorized administrator of BYU ScholarsArchive. For more information, please contact [ellen\\_amatangelo@byu.edu](mailto:ellen_amatangelo@byu.edu).

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE ORURO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y VETERINARIAS**

**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA Y VETERINARIA**



**EFFECTO METABÓLICO DE TRES NIVELES DE PROTEÍNA  
EN LA NUTRICIÓN DE ALPACAS (*Lama pacus*)  
EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
DE LA UNIVERSIDAD BRIGHAM YOUNG  
(UTAH - EE.UU.).**

**TESIS DE GRADO PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**ROLANDO FREDDY URUÑA TITO**

**ORURO · BOLIVIA  
2009**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE ORURO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y VETERINARIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA Y VETERINARIA**



**EFFECTO METABÓLICO DE TRES NIVELES DE PROTEÍNA  
EN LA NUTRICIÓN DE ALPACAS (*Lama pacus*)  
EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
DE LA UNIVERSIDAD BRIGHAM YOUNG  
(UTAH – EE.UU.).**

**TESIS DE GRADO  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Rolando Freddy Uruña Tito**

**ORURO – BOLIVIA**

**2009**

**Metabolic Effect of Three Protein Levels in the Nutrition of Alpacas (*Lama pacus*) in the Experimental Station of Brigham Young University**

Abstract

This study had the principal objective of evaluating the metabolic effect of three protein levels in the nutrition of Alpacas (*Lama pacus*) in the experimental stations of Brigham Young University, located in the city of Provo, Utah, U.S.A at an altitude of 13696 m.a.s.l. , and geographically located at 40°12' north latitude, and 111°43' west longitude. The climatic characteristics of the state of Utah, particularly in the city of Provo, during the current season registered the following: 4°C of minimum average temperature, 11.4°C of an average mean temperature, and 19°C of maximum average temperature, 55% of relative humidity, and a mean annual precipitation of 353.1 mm; presenting an arid climate.

With the principal objective in mind, the following specific objectives were established:

- Verify the physical condition of the Alpaca through the gain or loss of Live Weight (LV) and the weight of the animal internal organs (heart, liver, lungs, kidneys, spleen, brain, and muscle).
- Quantify the changes of the Blood Components (metabolites): Albumin, Total Plasma Protein (TTP), Creatinine, Fatty Acids, Glucose, and Plasma Urea Nitrogen (PUN).
- Determine Nitrogen retention through laboratory analysis of feces and urine.
- Determine protein digestibility by calculating the percentage of Nitrogen digestibility.

For that effect, two tests were performed, one in corrals and the other in metabolic cages, in order to complement the results.

## DEDICATORIA

*Con infinito amor y eterna gratitud  
a mi familia:  
en especial a mis padres  
Esteban y Vicelasa,  
a mis hermanos  
Sulma, Grover, Maribel y Vladimír  
por la abnegación y apoyo  
que con amor siempre me brindaron,  
ayer para construir mis sueños,  
hoy para lograr la realidad de este sueño,  
ya mañana indudablemente ahí estarán ellos,  
apoyándome nuevamente  
para hacer míos todos mis sueños,  
sueños que son parte del itinerario  
de la infinita vía de mis sueños.*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios nuestro divino creador, por concederme la bendita fortuna de existir y anidar en el seno de esta bella familia, de mi familia; y permitir con vehemente gracia, el vivir junto a ellos a quienes tanto amo, la dicha de disfrutar esta bienaventurada realidad.*

*Con infinito amor a mi familia; a mis padres y hermanos quienes con amor estuvieron, están y seguramente ahí siempre estarán apoyándome, para que cada sueño mío sea una genuina realidad.*

*A esta tierra fértil y hermosa llamada Bolivia, tierra que ayer me vio germinar, hoy me ve crecer y desarrollar; tierra que ya mañana me vera florecer y fructificar como persona, como fruto e hijo suyo que soy.*

*A la Universidad Técnica de Oruro, en particular a la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Veterinarias (Departamento de Zootecnia y Veterinaria) por haberme cobijado en su seno y brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.*

*Al personal docente y administrativo de esta casa superior de estudios por transmitirme sus conocimientos y experiencia profesional que al paso de los años, día a día contribuyeron a construir mi formación académica.*

*Mi sincera gratitud a Benson Agricultura and Food Institute, en especial a su Director Dr. Allen C. Christensen y a su Administradora en Bolivia Lic. Elizabeth García y a todo el personal administrativo, en virtud de que fueron ellos quienes hicieron posible mi viaje y posterior permanencia en los Estados Unidos con el fin de llevar a cabo la presente investigación.*

*Al proyecto de investigación Metabolismo de Camélidos de la Universidad Brigham Young, en Provo, Utah, E.E.U.U., por darme la oportunidad de participar en el mismo y apoyarme constantemente hasta la culminación del presente trabajo de investigación.*

*Mi especial reconocimiento a la Estación Experimental de la Universidad Brigham Young y a todo el personal administrativo, en particular a su Director Dr. Todd Robinson, quien sin conocerme tiempo atrás, me hizo sentir como en casa desde el primer instante de mi estadía en los Estado Unidos, brindándome ante todo su incondicional amistad, cimiento sobre el cual día a día me fue transmitiendo su conocimiento y experiencia profesional; sobre todo agradecerle a él, por el aliento permanente y por la magnífica conducción como asesor del presente estudio.*

*Un cordial agradecimiento a los distinguidos profesionales, Ing. Roberto Chiri Calla e Ing. Luis Blanco Capia, ante todo por su amistad, enseñanza, buena orientación y aliento constante, hacia la conclusión de la presente investigación.*

De igual forma deseo agradecer al tribunal revisor conformado por el Ing. Orlando Arce C., Ing. Oscar Iñiguez G. y el MVZ. Oscar Sempertegui N., por sus oportunas sugerencias y por ofrecerme su amistad, antes y durante la revisión del presente trabajo de investigación.

A la culminación de esta parte de mi formación académica, quiero agradecer profundamente a compañeros y amigos que continuamente me brindaron su apoyo desinteresado, comprensión y por sobre todo su amistad; amistad que siempre estuvo ahí intacta y la cual adquiría aun mas fortaleza, cada vez que ahí los encontraba, cuando más los necesitaba, ellos buscando a través de este sentimiento tan hermoso como es la amistad, apartar el aire de soledad que existía en mi, los más de cinco años que estuve lejos de mi familia, viviendo acá en la acogedora ciudad de Oruro.

Gracias!!!

Gracias mil a todos.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL .....	i
ÍNDICE DE CUADROS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	x
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1. OBJETIVOS .....	4
a. Objetivo General .....	4
b. Objetivo Especifico .....	4
2. HIPOTESIS .....	4
a. Hipótesis Nula .....	4
b. Hipótesis Alterna .....	5
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>6</b>
1. Importancia económica de los Camélidos Sudamericanos .....	6
2. Origen y evolución de los Camélidos .....	7
3. Origen de las razas Sury y Guacaya .....	7
4. Posición zoológica de la Alpaca .....	9
5. El hábitat de la Alpaca .....	10
5.1. Los Andes .....	10
6. Hábitos generales de la Alpaca .....	10
7. La población y distribución espacial de la Alpaca .....	11
8. Razas de Alpaca en el altiplano: Sury y Huacaya .....	13
9. Peso vivo .....	14
10. Órganos internos .....	15
10.1. Corazón .....	15
10.2. Hígado .....	15
10.3. Pulmones .....	16
10.4. Riñones .....	16



10.5. Bazo.....	16
11. Componentes de la sangre.....	17
11.1. Albúmina.....	17
11.2. Proteína total .....	17
11.3. Creatinina .....	17
11.4. Ácidos grasos .....	18
11.5. Glucosa.....	19
11.6. Nitrógeno de la urea .....	19
12. Consumo de alimento.....	20
13. Nutrición Camélida .....	20
13.1. Requerimientos nutricionales.....	21
13.1.1. Energía .....	21
13.1.2. Proteína .....	22
14. La proteína.....	22
14.1. Proteína cruda (PC) o Proteína bruta (PB) .....	24
14.1.1. Proteína bruta digestible .....	24
14.2. Deficiencias proteicas .....	25
14.2.1. Deficiencia de nitrógeno sobre la utilización de los alimentos .....	26
14.3. Efecto del exceso de proteínas.....	26
14.4. Fuentes de proteína.....	26
15. Valoración de alimentos.....	27
15.1. Digestión.....	27
15.2. Digestibilidad .....	28
16. Digestión y absorción de las proteínas .....	29
17. Digestibilidad de la proteína en los rumiantes .....	30
17.1. Síntesis microbiana de la proteína.....	32
17.1.1. Proteína bacteriana.....	33
18. Digestibilidad in vivo de la proteína en la Alpaca.....	33
19. Determinación de la digestibilidad .....	34
19.1. Prueba de digestibilidad.....	35

19.1.1. Método convencional .....	35
19.1.2. Jaula metabólica .....	35
20. Digestibilidad aparente .....	36
20.1. Digestibilidad aparente vs. Digestibilidad verdadera.....	37
21. Pruebas de equilibrio o balance de nitrógeno.....	38
22. Eliminación de los productos de desecho del organismo .....	39
22.1. Heces.....	39
22.1.1. Composición de las heces .....	40
22.1.1.1. Composición de la proteína fecal.....	40
22.1.1.1.1. Nitrógeno fecal .....	41
22.2. Orina.....	42
22.2.1. Composición de la orina.....	42
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>44</b>
1. Localización.....	44
2. Clima.....	44
3. Material.....	44
3.1. Pruebas en Corrales.....	44
3.2. Pruebas en Jaulas Metabólicas .....	45
3.3. Equipos.....	46
3.4. Reactivos .....	46
3.5. Material de Escritorio .....	47
4. Método.....	47
4.1. Pruebas en Corrales.....	47
a. Instalación de Corrales .....	47
b. Mezcla de Alimento.....	48
c. Selección de Alpacas.....	49
d. Identificación.....	49
e. Análisis Bromatológico de las Dietas .....	50
f. Acostumbramiento al Consumo de la Dieta (Alimento Ofrecido).....	50
g. Inicio del Experimento.....	50
h. Suministro y Medición del Alimento Ofrecido.....	51

i.	Recolección de Muestras de Alimento Residual .....	51
j.	Recolección de Muestras de Sangre .....	52
k.	Separación del Plasma Sanguíneo .....	52
l.	Pesaje de Alpacas .....	53
m.	Faeneo de Alpacas .....	53
4.2.	Pruebas en Jaulas Metabólicas .....	54
a.	Instalación de Jaulas Metabólicas .....	54
b.	Selección de Alpacas.....	54
c.	Cateterización .....	55
d.	Identificación.....	56
e.	Adiestramiento y Acostumbramiento de Alpacas a las Jaulas Metabólicas.....	56
f.	Acostumbramiento al Consumo de la Dieta (Alimento Ofrecido) .....	56
g.	Inicio del Experimento.....	57
h.	Suministro y Medición del Alimento Ofrecido.....	57
i.	Recolección de Muestras de Alimento Residual .....	58
j.	Recolección de Muestras de Heces y Orina .....	58
k.	Recolección de Muestras de Sangre .....	59
l.	Balance de Nitrógeno.....	60
m.	Cálculos para Determinar la Digestibilidad .....	60
5.	Método Estadístico .....	61
5.1.	Variables de Estudio o Respuesta.....	61
5.1.1.	Pruebas en Corrales .....	61
a.	Peso Vivo.....	61
b.	Peso de los Órganos Internos.....	62
c.	Componentes de la Sangre (Metabolitos).....	62
5.1.2.	Pruebas en Jaulas Metabólicas .....	62
a.	Componentes de la Sangre (Metabolitos).....	62
b.	Balance de Nitrógeno .....	63
c.	Digestibilidad del Nitrógeno.....	63
5.2.	Modelo Estadístico.....	64

5.2.1. Diseño Experimental.....	64
5.2.1.1. Pruebas en Corrales .....	64
a. Peso Vivo (PV) y Peso de los Órganos Internos.....	64
b. Componentes de la Sangre (Metabolitos).....	64
5.2.1.2. Pruebas en Jaulas Metabólicas .....	65
a. Componentes de la Sangre (Metabolitos).....	65
b. Balance y Digestibilidad del Nitrógeno.....	65
5.2.2. Modelo Estadístico.....	66
5.2.2.1. Pruebas en Corrales .....	66
a. Peso Vivo (PV) y Peso de los Órganos Internos.....	66
b. Componentes de la Sangre (Metabolitos).....	66
5.2.2.2. Pruebas en Jaulas Metabólicas .....	67
a. Componentes de la Sangre (Metabolitos).....	67
b. Balance y Digestibilidad del Nitrógeno.....	68
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>69</b>
1. Pruebas evaluadas en Corrales.....	69
1.1. Consumo de Alimento (MS).....	69
1.2. Peso Vivo (PV) .....	71
1.3. Peso de los Órganos Internos .....	75
a. Corazón .....	76
b. Hígado .....	77
c. Pulmón.....	77
d. Riñón .....	78
e. Bazo.....	78
f. Cerebro.....	79
g. Músculo .....	79
1.4. Componentes de la Sangre (Metabolitos).....	80
a. Albúmina.....	80
b. Proteína Total en el Plasma Sanguíneo (TPP).....	81
c. Creatinina.....	83
d. Ácidos Grasos.....	85

e. Glucosa.....	87
f. Nitrógeno de la Urea en el Plasma Sanguíneo (PUN).....	88
2. Pruebas evaluadas en Jaulas Metabólicas.....	90
2.1. Componentes de la Sangre (Metabolitos).....	90
a. Albúmina.....	90
b. Proteína Total en el Plasma Sanguíneo (TPP).....	90
c. Creatinina.....	91
d. Ácidos Grasos.....	91
e. Glucosa.....	92
f. Nitrógeno de la Urea en el Plasma Sanguíneo (PUN).....	92
2.2. Balance y Digestibilidad del Nitrógeno.....	94
a. Consumo de Alimento (MS).....	94
b. Consumo de Nitrógeno.....	95
c. Nitrógeno Excretado en las Heces.....	96
d. Nitrógeno Excretado en la Orina.....	97
e. Nitrógeno Total Excretado.....	99
f. Balance de Nitrógeno.....	100
g. Digestibilidad del Alimento Consumido (MS).....	101
h. Digestibilidad del Nitrógeno.....	102
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>104</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>111</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>113</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>130</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

N°		Pág.
1.	Distribución espacial de la Alpaca en el mundo .....	12
2.	Población de Alpacas en el Departamento de Oruro .....	13
3.	Componentes alimenticios de cada dieta (tratamiento).....	48
4.	Análisis de varianza para el Consumo de Alimento en Materia Seca (MS) por semana .....	69
5.	Análisis de varianza para la concentración de Albúmina en la sangre.....	80
6.	Análisis de varianza para la concentración de TPP de la sangre.....	81
7.	Análisis de varianza para la concentración de Creatinina en la sangre .....	83
8.	Análisis de varianza para la concentración de Ácidos Grasos en la sangre...	85
9.	Análisis de varianza para la concentración de Glucosa en la sangre.....	87
10.	Análisis de varianza para la concentración de PUN de la sangre .....	88
11.	Análisis de varianza para la concentración de PUN de la sangre .....	92
12.	Análisis de varianza para el Consumo de Nitrógeno por día.....	95
13.	Análisis de varianza para el Nitrógeno Excretado en la Orina por día .....	97
14.	Análisis de varianza para el Nitrógeno Total Excretado por día.....	99
15.	Análisis de varianza para la Digestibilidad del Nitrógeno .....	102
16.	Concentración de metabolitos en la sangre a la conclusión de la prueba.	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Pág.
1. Esquema de la utilización de la Proteína.....	28
2. Consumo de alimento (MS) por semana.....	70
3. Peso vivo (PV).....	73
4. Peso del corazón con respecto al peso corporal (%).....	76
5. Peso del hígado con respecto al peso corporal (%).....	77
6. Peso del pulmón con respecto al peso corporal (%).....	77
7. Peso del riñón con respecto al peso corporal (%).....	78
8. Peso del bazo con respecto al peso corporal (%).....	78
9. Peso del cerebro con respecto al peso corporal (%).....	79
10. Peso del músculo con respecto al peso corporal (%).....	79
11. Concentración de albúmina en la sangre.....	80
12. Concentración de TPP en la sangre.....	82
13. Concentración de creatinina en la sangre.....	84
14. Concentración de ácidos grasos en la sangre.....	86
15. Concentración de glucosa en la sangre.....	87
16. Concentración de nitrógeno de la urea en la sangre.....	89
17. Concentración de albúmina en la sangre.....	90
18. Concentración de TPP en la sangre.....	90
19. Concentración de creatinina en la sangre.....	91
20. Concentración de ácidos grasos en la sangre.....	91
21. Concentración de glucosa en la sangre.....	92
22. Concentración de PUN en la sangre.....	93
23. Consumo de alimento (MS).....	95
24. Consumo de Nitrógeno.....	96
25. Nitrógeno excretado en las heces.....	97
26. Nitrógeno excretado en la orina por día.....	98

<b>27. Nitrógeno total excretado por día .....</b>	<b>99</b>
<b>28. Balance de Nitrógeno.....</b>	<b>101</b>
<b>29. Digestibilidad del alimento consumido (MS).....</b>	<b>102</b>
<b>30. Nitrógeno digestible.....</b>	<b>103</b>

1. Mapa geográfico de Estados Unidos.	
2. Mapa geográfico del Estado de Utah (EE UU).	
3. Consumo de Alimento (MS) por Semana.	
4. Comparación de Medias entre Dietas para el Consumo de Alimento (MS) por Semana.	
5. Consumo de Alimento (MS) por Semana.	
6. Peso Vivo (PV).	
7. Análisis de Varianza para el Peso Vivo al día 0.	
8. Análisis de Varianza para el Peso Vivo al día 84.	
9. Análisis de Varianza para la ganancia de Peso Vivo al final de la investigación.	
10. Análisis de Varianza para el Peso Corporal al faenar.	
11. Análisis de Varianza para el Peso Corporal al faenar (cuatro niveles de proteína).	
12. Peso de los Organos Internos.	
13. Análisis de Varianza para el Peso del Corazón.	
14. Análisis de Varianza para el Peso del Corazón con respecto al Peso Corporal (%).	
15. Análisis de Varianza para el Peso del Hígado.	
16. Análisis de Varianza para el peso del Hígado con respecto al Peso Corporal (%).	
17. Análisis de Varianza para el Peso del Pulmón.	
18. Análisis de Varianza para el Peso del Pulmón con respecto al Peso Corporal (%).	
19. Análisis de Varianza para el Peso del Cerebro.	



## ÍNDICE DE ANEXOS

Nº

1. Mapa geográfico de Estados Unidos.
2. Mapa geográfico del Estado de Utah (EE.UU.).
3. Consumo de Alimento (MS) por Semana.
4. Comparación de Medias entre Dietas para el Consumo de Alimento (MS) por Semana.
5. Consumo de Alimento (MS) por Semana.
6. Peso Vivo (PV).
7. Análisis de Varianza para el Peso Vivo al día 0.
8. Análisis de Varianza para el Peso Vivo al día 84.
9. Análisis de Varianza para la ganancia de Peso Vivo al final de la investigación.
10. Análisis de Varianza para el Peso Corporal al faeneo.
11. Análisis de Varianza para el Peso Corporal al faeneo (cuatro niveles de proteína).
12. Peso de los Órganos Internos.
13. Análisis de Varianza para el Peso del Corazón.
14. Análisis de Varianza para el Peso del Corazón con respecto al Peso Corporal (%).
15. Análisis de Varianza para el Peso del Hígado.
16. Análisis de Varianza para el peso del Hígado con respecto al Peso Corporal (%).
17. Análisis de Varianza para el Peso del Pulmón.
18. Análisis de Varianza para el Peso del Pulmón con respecto al Peso Corporal (%).
19. Análisis de Varianza para el Peso del Cerebro.

20. Análisis de Varianza para el Peso del Cerebro con respecto al Peso Corporal (%).
21. Análisis de Varianza para el Peso del Bazo.
22. Análisis de Varianza para el Peso del Bazo con respecto al Peso Corporal (%).
23. Análisis de Varianza para el Peso del Riñón.
24. Análisis de Varianza para el Peso del Riñón con respecto al Peso Corporal (%).
25. Análisis de Varianza para el Peso del Músculo.
26. Análisis de Varianza para el Peso del Músculo con respecto al Peso Corporal (%).
27. Comparación de Medias para el Peso Corporal al faeneo, Peso de los Órganos Internos y Peso de los Órganos Internos con respecto al Peso Corporal.
28. Comparación de Medias entre Dietas para la Concentración de Metabolitos en la Sangre (Corrales).
29. Comparación de Medias entre Dietas \* Día para la Concentración de Metabolitos en la Sangre (Corrales).
30. Análisis de Varianza para la Concentración de Albúmina en la Sangre.
31. Análisis de Varianza para la Concentración de Proteína Total en la Sangre.
32. Análisis de Varianza para la Concentración de Creatinina en la Sangre.
33. Análisis de Varianza para la Concentración de Ácidos Grasos en la Sangre.
34. Análisis de Varianza para la Concentración de Glucosa en la Sangre.
35. Concentración de Nitrógeno de la Urea en el Plasma de la Sangre.
36. Comparación de Medias para la Concentración de Metabolitos en la Sangre (Jaulas Metabólicas).
37. Nitrógeno de la Urea en el Plasma (PUN).
38. Consumo de Alimento (MS) por día.
39. Balance y Digestibilidad del Nitrógeno.

40. Análisis de Varianza para el Consumo de Alimento (MS) por día.
41. Análisis de Varianza para el Nitrógeno Excretado en las Heces por día.
42. Análisis de Varianza para el Balance de Nitrógeno.
43. Análisis de Varianza para la Digestibilidad del Alimento Consumido (MS).
44. Comparación de Medias para la Digestibilidad de la Proteína (%).
45. Consumo de Nitrógeno por día.
46. Nitrógeno Excretado en la Orina por día.
47. Nitrógeno Total Excretado.
48. Nitrógeno Digestible.
49. Exposición fotográfica.
  - 49.1. Pruebas en Corrales.
  - 49.2. Pruebas en Jaulas Metabólicas.
  - 49.3. Laboratorio.

## INTRODUCCIÓN

Los Camélidos tuvieron su origen hace más de 16 millones de años en el hemisferio norte (cuna de los camélidos) para posteriormente migrar y adaptarse a diferentes habitats y uno de ellos es Bolivia. Desde entonces empezó el proceso de domesticación y cría de los camélidos por la gente del lugar, constituyéndose así en la actividad pecuaria andina más antigua.

La cría de camélidos en Bolivia esta distribuida principalmente en la región altiplánica que comprende los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí y con menores poblaciones en las partes altas de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija. Las llamas por su característica de resistencia y adaptabilidad habitan regiones más secas, rocosas y de pastos pobres, en cambio, las alpacas habitan en zonas con humedad permanente llamadas bofedales, en este contexto se puede encontrar a los camélidos desde la parte norte del Altiplano hasta el sur de Bolivia, la cual se caracteriza por estar generalmente a alturas entre los 3600 y 5500 m.s.n.m.

Como patrimonio cultural y natural de los Andes, la cría y explotación de Llamas y Alpacas, se constituye en la principal actividad ganadera en el altiplano boliviano ya que forma parte de sus costumbres, dieta alimenticia y fuente de ingreso económico para el poblador altoandino de la zona occidental de Bolivia y del departamento de Oruro principalmente, y es la alpaca la que constituye, en la actualidad, la especie más importante de los camélidos sudamericanos, fundamentalmente por su producción de fibra fina muy cotizada en el mercado nacional y mundial.

La producción y productividad de esta especie animal como es la alpaca, depende principalmente de las condiciones de nutrición y alimentación basada en la pradera nativa y forrajes introducidos.

La nutrición y alimentación de alpacas es parte importante de los conocimientos científicos que tienen por finalidad hacer más productivos a los animales domésticos a través del uso más eficiente de los alimentos. Podríamos decir que constituye una combinación variable de conocimientos por que en la alimentación de los animales, el hombre cuenta con experiencia de siglos, que se transmite de generación en generación. La investigación nutricional ha venido reforzando alguno de estos conocimientos. Conociendo el valor nutritivo y alimenticio de esta, se ha podido criar alpacas en forma adecuada y eficiente incrementando de esta manera sus parámetros productivos y tecnológicos que tienen gran significación desde el punto de vista zootécnico, comercial y económico.

La alimentación es técnica, estilo, arte y práctica que intervienen en tres fases de conocimiento: la de los alimentos que ingiere el animal, los procesos a los que los somete el animal vivo dentro su organismo y el producto final que se obtiene para beneficio del hombre. La Alpaca como recurso natural renovable, produce carne, fibra y subproductos de origen animal.

La moderna ciencia de la nutrición se encarga de definir las necesidades del animal para mantenimiento, crecimiento, reproducción, lactancia, etc. La valoración de los alimentos será de utilidad después que han sido consumidos. Las necesidades del animal en la explotación pecuaria no puede ser perfecta con exactitud. Entonces un sistema de alimentación requiere conocer los requerimientos de los animales en relación a sus funciones y para diferente tipo de animales. También debemos manifestar que todo el proceso debe ser evaluado en relación a experiencias en que los alimentos o las prácticas de su uso hayan sido puesto en prueba.

En el Altiplano Central de Bolivia, por sus características edafoclimáticas durante la época de lluvias y de mayor producción de forraje no se tiene ningún tipo de problemas, mas bien las alpacas aprovechan de una manera eficiente la

pradera nativa de los bofedales, aun siendo pobres en contenido proteico; sin embargo, el mayor problema es en la época de estiaje (época seca) donde existe carencia de producción de forraje que generalmente coincide con el destete y el ultimo tercio de gestación, es donde las alpacas deben recibir suplemento alimenticio para llegar al parto en mejores condiciones, como también para que no se retrase el crecimiento de los tuis.

Debido a que las proteínas son el principal constituyente de los órganos y estructuras blandas del cuerpo animal, se requiere de una provisión abundante y continua de ellas en el alimento durante toda la vida para crecimiento y reposición. La transformación de la proteína alimenticia en proteína corporal es una parte muy importante del proceso nutricional.

Por lo mencionado anteriormente es necesario proveer al animal de una dieta alimenticia basada en la proteína, ya que en el altiplano el contenido de proteína es afectado por el factor lluvia, así en la época seca el contenido de proteína disminuye y se incrementa en la época lluviosa; por tal razón, nace el interés por el estudio de la proteína requerida por la alpaca, tanto para su mantenimiento como para su crecimiento y desarrollo. Además que la información sobre los requerimientos nutricionales en este caso el de la proteína en los CSA especialmente la Alpaca son escasos, aunque algunos autores, a partir de los pocos resultados de investigación, han realizado algunas estimaciones, en muchos casos usando datos de otras especies y adaptándolos a los CSA.

Sobre el requerimiento de proteína para mantenimiento existe escasa información, en Alpacas se estimó mediante una prueba de balance de nitrógeno. El nitrógeno digerible y proteína digerible requerida, estimada por Huasasquiche (1974) fue de 0.38 g. y 2.38 g/kg.  $PV^{0.75}$  respectivamente, este valor reportado de proteína digerida es mas bajo que aquel señalado para ovinos de 2.79 g. y cabras de 2.82 g/kg.  $PV^{0.75}$ .

## **1. OBJETIVOS.**

### **a. Objetivo General.**

- Evaluar el efecto metabólico de tres niveles de proteína en la nutrición de Alpacas en la Estación Experimental de la Universidad Brigham Young.

### **b. Objetivo Específico.**

- Verificar la Condición Corporal de la Alpaca a través de la Ganancia o Pérdida de Peso Vivo (PV) y Peso de los Órganos Internos (corazón, hígado, pulmón, riñón, bazo, cerebro y músculo) al faeneo.
- Cuantificar los cambios en los Componentes de la Sangre (metabolitos): Albúmina, Proteína Total en el Plasma (TPP), Creatinina, Ácidos Grasos, Glucosa y Nitrógeno de la Urea en el Plasma (PUN).
- Determinar el Balance o Retención de Nitrógeno mediante la recolección, muestreo y análisis de laboratorio de heces y orina.
- Valorar la Digestibilidad de la Proteína (nutriente en estudio) por medio del cálculo de la Digestibilidad del Nitrógeno expresado en porcentaje.

## **2. HIPÓTESIS.**

### **a. Hipótesis Nula.**

**Ho:** Las Alpacas no muestran diferencias estadísticamente significativas bajo el efecto metabólico de tres niveles de proteína en su nutrición.

**b. Hipótesis Alternativa.**

**Ha:** Las Alpacas si muestran diferencias estadísticamente significativas bajo el efecto metabólico de tres niveles de proteína en su nutrición.

REVISIÓN DE LITERATURA



## REVISIÓN DE LITERATURA

### 1. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LOS CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS.

San Martín, F. et al. (1987), señalan que la importancia económica y social que tienen los camélidos sudamericanos en la población de los altos andes es bien documentada, así en la mayoría de las comunidades altoandinas, la población depende de la producción de fibra y carne generada mayormente por alpacas y llamas.

Bustinza, A. (1989), manifiesta asimismo que la importancia económica de la ganadería Camélida, también radica en la producción de pieles, estiércol, cueros, cebo y otros.

Fernández - Baca. (1991), dice que la crianza de llamas y alpacas, constituye una de las actividades más importantes para un vasto sector de la población de la zona andina de Bolivia y Perú, principalmente y, en menor grado de Argentina, Chile y Ecuador. Se estima que alrededor de 500.000 familias campesinas de la región andina dependen directamente de esta actividad, además de otras numerosas que se benefician indirectamente de ella.

Carpio, M. (1991), añade: "La mayoría de las comunidades Altoandinas se dedican a la crianza de camélidos sudamericanos con poblaciones pequeñas en cada comunidad, las cuales son fuente de ingresos económicos por la producción de fibra, carne, además de utilizar al animal para el trabajo y también obtener productos secundarios de gran valor que son indispensables en el uso de la tierra, la mayoría de éstos recursos están en manos de las comunidades campesinas que representan una población numerosa y necesita de atención y desarrollo económico y para tales fines los camélidos sudamericanos domésticos son una opción de primer orden".

Bustinza, A. (2001), menciona que actualmente, entre los Camélidos Sudamericanos, económicamente la alpaca es la especie más importante. Es considerado como animal de doble propósito por la producción de fibra fina de gran valor textil y por la producción de carne de excelente calidad nutritiva para la alimentación humana y por sus valores bajos en grasa y altos en proteínas.

## **2. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS CAMÉLIDOS.**

Franklin, W. (1992), citado por Chiri, R. (2002), dice de acuerdo a estudios paleontológicos, la primera forma más aproximada es el *Protylopus*, pequeño precamélido de tamaño de un gato de patas traseras mas largas, en los miembros anteriores con cuatro dedos funcionales el par central ligeramente mas largos, que se origino durante el Eoceno superior en Norte América, los cuales evolucionaron a formas mas modernas. Los ancestros de los camélidos sudamericanos y del viejo mundo se originaron en América del Norte durante el Plioceno; al final de este periodo, hace unos 3 millones de años a consecuencia de cambios climáticos los Camelini migraron al Asia por el estrecho de Behring dando origen al genero *Camelus*; mientras tanto los Lamini migraron hacia Sudamérica por el estrecho de Panamá donde dieron origen a los géneros *Lama* y *Vicugna* un millón de años mas tarde.

## **3. ORIGEN DE LAS RAZAS SURY Y GUACAYA.**

Bustinza, A. (2001), manifiesta que es bien conocidos que los camellos se originaron en Norteamérica y que desde allí, cuando las condiciones fueron adversas con la vida, emigraron, por un lado, al Asia para convertirse en los camélidos Asiáticos, y por otro lado a Sudamérica para desarrollarse en los camélidos sudamericanos.

La zona andina peruano-boliviano a sido el centro de origen mas cercano en el tiempo, de donde se dispersaron los camélidos sudamericanos domésticos actuales a un área mas amplia.

#### 4. POSICIÓN ZOOLOGICA DE LA ALPACA

Los primeros datos escritos de la existencia de los camélidos sudamericanos provienen de los grabados encontrados en las pinturas rupestres, en las grutas y cavernas de Pizacoma (Puno), Toquepala (Moquegua), Sumbay (Arequipa), Kala-Kala (Oruro) y otras mas en Perú y Bolivia. Pero desafortunadamente no hay claras diferencias en los grabados mas parece abundar los animales robustos que serian los Guacara.

De este modo, la posición zoológica de la alpaca, en forma completa es

Por otro lado, se sabe, por versión de los cronistas que en las épocas pre-inca e inca, los camélidos sudamericanos domésticos (llama y alpaca) eran manejados con una hábil y eficiente administración; y aun los silvestres (guanaco y vicuña), especialmente en los siglos de apogeo de su crianza (XII al XV época de los Incas); los cronistas relatan que se seleccionaban por grupos de color, que habían programas de sanidad, control de su producción, etc.

#### 4.1 Selección de la Alpaca

La selección aludida no debe haberse realizado utilizando solamente el criterio del color, seguramente utilizaron otros criterios mas, como la apariencia y la conformación de los animales; y quizás también las diferencias de la estructura de la fibra, desde que se sabe que dominaron la textileria. Como consecuencia de esta labor de selección había aparecido finalmente los dos grupos diferentes de alpacas: Sury y Guacaya nombres que no se saben que significado tuvieron ni desde cuando se usan para denominarlos.

El Guanaco son de forma pasalata con incas, ceñidos y pallas como

En realidad el origen de estos grupos se pierden con la historia del hombre andino. Pero también es bueno recordar que, por centurias, especialmente durante la Conquista y Virreynato, las alpacas fueron explotadas en la promiscuidad. Sin embargo, hasta nuestros días han mantenido y mantienen sus características típicas cada uno de los grupos, de generación en

generación; lo cual sugiere también que, estas características, tienen alta penetrancia y fuerte expresividad genética.

#### 4. POSICIÓN ZOOLOGICA DE LA ALPACA.

Bustinza, A. (2001), señala que la ubicación zoológica de la alpaca a variado bastante durante el correr de los años, pero el mas aceptado es aquel que fue dado por Muller en 1976, y por consiguiente la designación científica es "*Lama pacos*".

De este modo, la posición zoológica de la alpaca, en forma completa es la siguiente:

Orden: Artiodactyla

Sub-orden: Ruminantia

Infraorden: Tylópoda

Familia: Camelidae

Género: Lama

Especie: Lama pacos

Chiri, R. (2002), apunta que antiguamente existió una considerable confusión sobre la denominación de la alpaca donde se lo incluía en el género Lama, sin embargo existen semejanzas como en los incisivos de la vicuña y alpacas no forman raíces son de forma alongada semejantes a los de los roedores, con esmalte cubriendo la superficie labial. A diferencia los incisivos del Guanaco son de forma espatulaza con raíces cerradas y poseen corona cubierta de esmalte muy semejantes al de la llama; las heces de la alpaca son casi redondeadas como las de la vicuña, mientras que la de la llama es alargada al igual que del Guanaco.

## **5. EL HÁBITAT DE LA ALPACA.**

Bustinza, A. (2001), indica que las alpacas se encuentran en las zonas comúnmente llamada "puna" que indica las zonas de gran altitud. El área total de la puna se estima que tiene 15'000,000 de hectáreas, de las cuales la alpaca abarca aproximadamente 4.5 millones de hectáreas. Según la clasificación de Holdridge las zonas preferentemente pobladas por alpacas son Tundra muy húmeda andina, Tundra húmeda andina y maleza desértica subandina.

### **5.1. LOS ANDES.**

Los Andes comprende tres regiones: 1) Los Andes septentrionales, que abarca Colombia y Venezuela; 2) Los Andes centrales que comprende el área en el que se encuentra el Perú, la sierra Boliviana, el norte de Chile y el noroeste de Argentina, entre la línea ecuatorial y el trópico de capricornio; y, 3) Andes meridionales que abarca la zona de Chile y parte norte de Argentina. Los camélidos domésticos, y en forma especial la alpaca se encuentra solamente en la región central de los Andes.

## **6. HÁBITOS GENERALES DE LA ALPACA.**

Bustinza, A. (2001), dice que la alpaca es un animal que esta adaptado a las duras condiciones de la Puna Alta y Cordillera, por lo que su importancia es mayor. En general, a diferencia de la llama que prefiere zonas altas, la alpaca tiene la costumbre de preferir los pequeñísimos valles o zonas bajas y laderas de la Cordillera de los Andes. Los bofedales en los ojos de agua, rivera de riachuelos o de lagunas, son de su mas alta preferencia, por lo que, estos lugares, siempre tienen alta concentración de las alpacas, por que allí están, aunque en escasa disponibilidad, los pastos de su preferente palatabilidad.

Debe desterrarse el concepto de que las alpacas buscan estos lugares por la extremada sensibilidad de sus pesuñas, porque, en realidad, las alpacas buscan estos lugares por los pastos suaves, jugosos y verdes que existen en los bofedales.

## 7. LA POBLACIÓN Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ALPACA.

Bustinza, A. (2001), expresa que la distribución de la alpaca esta limitada aproximadamente entre 8 a 20 de los paralelos de latitud sur y 68 a 80 de longitud occidental, entre alturas que van de 4,000 a 5,000 m.s.n.m., es decir que naturalmente se encuentran poblando la Cordillera de los Andes de Sud América en su parte central y mas concretamente la parte Sur del Perú, Noroeste de Bolivia y extremo Norte de Chile.

Europa	2.000	0,00
Israel	3.000	0,00
Francia	1.000	0,03
<b>Total</b>	<b>3.431.715</b>	<b>100</b>

FUENTE: Estimaciones en base a las Estadísticas de MINAG-OLIA (1999), Producción Pecuaria e Industria Agrícola, 1999, Saliz, K. (1997) y referencias de expertos.

En Bolivia esta distribuida en la parte occidental del País en los Departamentos de La Paz y Oruro encontrándose en menor numero en Potosí y Cochabamba. Por ejemplo la mayor concentración de ganado alpaca se encuentra en el norte de La Paz en las provincias: Franz Tamayo, Saavedra y Camacho, con 50,3 % de la población total de Bolivia, otra concentración importante se encuentra en las provincias de Oruro: Sabina, Alchiviño, y parte de la provincia Potosí, con 46,4 % de la población, estas concentraciones están limitadas por la presencia de bofedales.

Cuadro 1. Distribución espacial de la Alpaca en el mundo.

País	Alpacas	%
Perú	3.026.087	86,91
Bolivia	325.336	9,34
Chile	30.000	0,86
Nueva Zelanda	20.000	0,57
USA.	28.000	0,80
Australia	18.000	0,52
Asia	15.000	0,43
Canadá	6.000	0,17
China	3.500	0,10
Ecuador	3.793	0,11
Europa	2.000	0,06
Israel	3.000	0,09
Francia	1.000	0,03
<b>Total</b>	<b>3.481.716</b>	<b>100</b>

*FUENTE: Estimaciones en base a las Estadísticas de MINAJ-OIA (1999), Producción Pecuaria e Industria Avícola, 1999. Soliz, R (1997) y referencias de expertos.*

En Bolivia esta concentrada en la parte occidental del País en los Departamentos de La Paz y Oruro encontrándose en menor número en Potosí y Cochabamba. Por ejemplo la mayor concentración de ganado alpacuno se encuentra en el norte de La Paz en las provincias: Franz Tamayo, Saavedra y Camacho, con 50.3 % de la población total de Bolivia; otra concentración importante se encuentra en las provincias de Oruro: Sajama, Atahuallpa, y parte de la provincia Pacajes, con 46.4 % de la población, estas concentraciones están limitadas por la presencia de bofedales.

Cuadro 2. Población de Alpacas en el Departamento de Oruro.

Provincias	Alpacas	%
Cercado	0	0
Avaroa	7.807	4,04
Carangas	18.598	9,62
Sajama	88.533	45,79
Litoral	6.957	3,60
Poopó	0	0
Pantaleón Dalence	90	0,05
Ladislao Cabrera	624	0,32
Atahuallpa	27.597	14,27
Saucarí	0	0
Tomas Barrón	0	0
Sud Carangas	6.703	3,47
San Pedro de Totora	8.228	4,26
Sebastián Pagador	5.641	2,92
Mejillones	22.551	11,66
Nor Carangas	0	0
<b>Total</b>	<b>193.329</b>	<b>100</b>

FUENTE: UNEPCA 1999.

## 8. RAZAS DE ALPACA EN EL ALTIPLANO: SURY Y HUACAYA.

Bustinza, A. (2001), apunta que en la Convención Internacional de Especialistas en Camélidos Sudamericanos realizada en la ciudad del Cuzco en 1986, después de una amplia discusión fue aprobada la moción del reconocimiento de la razas de alpacas con los nombres de Sury y Huacaya.



Chiri, R. (2002), menciona que en la alpaca existen dos razas la Huacaya y Suri, de la población total de alpacas la raza Huancayo es el 90 %. La raza Huacaya se caracteriza por abundante crecimiento de fibra que cubre el cuerpo, piernas, cuello la frente y mejillas de la cara, formando copete que llega a cubrir los ojos. La fibra es rizada, dando al animal una apariencia esponjosa semejante al ovino corriedale, el propósito de esta raza es de producción de fibra.

La raza Suri se caracteriza por su fibra que es ligeramente ondulada, mas sedosa, lacia y de mayor crecimiento longitudinal, la distribución corporal de la fibra es la misma que en la raza Huacaya, pero debido a su estructura, cae desde la línea media de la espalda a ambos lados del cuerpo, dando la apariencia del ovino Lincoln, muchas veces llegando al suelo si el animal no es esquilado. La coloración del pelaje es mucho mas uniforme que en la llama, e producto de la selección para producción de fibra varia desde blanco a negro incluyendo todos los tonos intermedios.

## 9. PESO VIVO.

Soliz, E. (1996), realizo un estudio de datos de peso vivo en alpacas en la zona de Turco, dichos resultados obtenidos provenientes de 33 alpacas bajo condiciones de manejo tradicional, indican que el peso vivo en alpacas de cuatro años de edad, es de 52.55 kg. en machos y 52.33 kg. en hembras, valores que no concuerdan con los datos obtenidos por Garnica, J. (1973), quien determinó 55.02 kg. y 54.65 kg. de peso vivo en machos y hembras respectivamente, con 24 hrs. de ayuno realizados en el Fundo Kaquingorani del departamento de Puno.

Entre otros estudios se puede mencionar al realizado por Ccopa, A. (1974), quien trabajando con alpacas de cuatro años de edad en el departamento de Puno, determinó 51.9 kg. en machos y 50.1 kg. en hembras

con 48 hrs. de ayuno, resultados que son inferiores a los obtenidos en la zona de Turco; diferencia que posiblemente se deba a las condiciones de manejo, alimentación y las condiciones ecológicas del medio.

Bustinza, V. et al. (1993), citado por Soliz, E. (1996), trabajando bajo condiciones de alimentación natural en la Estación Experimental "La Raya", estableció 57.10 kg. de peso vivo en 64 alpacas macho Huacaya de 1 a 4 años de edad.

Calderón, W. et al. (1972), realizaron un estudio de datos de peso vivo provenientes de 130 alpacas (97 huacaya y 33 suri); los resultados de dicho estudio indican que en ambas variedades se alcanzó un peso corporal mayor de aproximadamente 60 kg. a los cuatro años de edad, sin cambios apreciables en etapas posteriores, de manera que el peso vivo de las alpacas se estabiliza a los cuatro años, siendo la mayor ganancia de peso vivo del año a los dos años, en cambio la ganancia de peso vivo de los dos años a los cuatro años, es mas lento y equivalente a lo ganado entre el año y los dos años.

## **10. ÓRGANOS INTERNOS.**

### **10.1. CORAZÓN.**

Calle, R. (1982), indica que el corazón de la alpaca tiene dimensiones especiales, con un largo, contando de la base a su extremo, de 15 cm. y la medida de su base es de 13 cm. Bajo estas dimensiones, su peso correspondiente es de 476 g.

### **10.2. HÍGADO.**

Calle, R. (1982), expresa que el hígado esta situado siempre en el lado derecho del cuerpo del animal y esta constituido de tres lóbulos denominados derecho e izquierdo; el borde de los lóbulos central y derecho mide 45.5 cm. y

el borde de los lóbulos central e izquierdo 35.5 cm. Los lóbulos derecho e izquierdo miden 6.35 cm. respectivamente. Dentro de cada uno de estos se encuentra múltiples subdivisiones.

### 10.3. PULMONES.

Calle, R. (1982), manifiesta que los pulmones se encuentran situados en la misma forma que en los demás animales y su borde dorsal mide 37cm. y el borde de su base es de 28 cm.; posee una hendidura cardiaca o sea un espacio apropiado para conservar la debida posición del corazón.

### 10.4. RIÑONES.

Cardozo, A. (1954), argumenta que los riñones de la alpaca son muy semejantes a los riñones de carnero; tienen la forma de un pajar y no presentan lobulaciones. El riñón derecho ocupa situación anterior con respecto al izquierdo, por debajo de la segunda y tercera apófisis transversa de las vértebras lumbares; pesa el derecho aproximadamente 110 g. y el izquierdo 100 g., ambos se encuentran pegados a la pared dorsal de la cavidad abdominal, incluidos en un paquete de grasa (cápsula adiposa).

### 10.5. BAZO.

Calle, R. (1982), menciona que esta víscera se encuentra situada en el lado izquierdo del abdomen y esta adherida al rumen; su forma aparentemente es oblonga y mide 15 cm. de largo por 8 cm. de ancho, percibiéndose al extremo del órgano un ligero punto sobresaliente; el peso aproximadamente es de 48 g.

## 11. COMPONENTES DE LA SANGRE.

### 11.1. ALBÚMINA.

[http://www.tuotromedico.com/temas/indice\\_analisis.htm](http://www.tuotromedico.com/temas/indice_analisis.htm), dice que la albúmina es la proteína de más concentración en la sangre. La albúmina transporta muchas moléculas pequeñas (bilirrubina, progesterona, y medicamentos), y tiene también la función de mantener la presión sanguínea ya que favorece la presión osmótica coloidal para mantener líquidos en el torrente sanguíneo y que no pasen a los tejidos, manteniendo un equilibrio. Por ello la concentración de albúmina en la sangre es mucho mayor que la del sodio o cloro, a diferencia de los tejidos en los que ocurre lo contrario. La albúmina representa el 60% de las proteínas que contiene el suero, el resto son las globulinas.

### 11.2. PROTEÍNA TOTAL.

[http://www.tuotromedico.com/temas/proteinas\\_en\\_sangre.htm](http://www.tuotromedico.com/temas/proteinas_en_sangre.htm), señala que las proteínas son un constituyente muy importante de las células y los tejidos del cuerpo humano. Se componen de aminoácidos. Hay diferentes tipos de proteínas con diferentes funciones, son así proteínas los enzimas, algunas hormonas, la hemoglobina, el LDL (transportadora de colesterol), el fibrinógeno, el colágeno, las inmunoglobulinas, etc.

Las proteínas totales del suero se pueden separar en dos grandes grupos la albúmina y las globulinas.

### 11.3. CREATININA.

[http://www.tuotromedico.com/temas/indice\\_analisis.htm](http://www.tuotromedico.com/temas/indice_analisis.htm), indica que la creatinina es el resultado de la degradación de la creatina, que es un componente de los músculos. La creatinina puede ser transformada en ATP

que es una fuente de alta energía para las células. La producción de creatinina depende de la modificación de la masa muscular, y ello varía poco y los niveles suelen ser muy estables.

#### 11.4. ÁCIDOS GRASOS.

[http://www.agrobit.com.ar/Info\\_tecnica/Ganaderia/prod\\_lechera/GA000015pr.htm](http://www.agrobit.com.ar/Info_tecnica/Ganaderia/prod_lechera/GA000015pr.htm), expresa que las proteínas de los alimentos son degradados por los microorganismos del rumen vía aminoácidos para formar amoniaco y ácidos orgánicos (ácidos grasos con cadenas múltiples).

McDonald, P. et al. (1979), argumenta que por desaminación de los aminoácidos en el rumen se forman también pequeñas cantidades de ácidos grasos, como son: ácidos isobutírico a partir de la valina, valérico de la prolina, 2-metilbutírico de la isoleucina y 3-metilbutírico de la leucina.

Los microorganismos del rumen hidrolizan las proteínas hasta el estado de peptidos o aminoácidos, pero algunos de estos aminoácidos sufren desaminación y son convertidos en ácidos orgánicos, amoniaco y dióxido de carbono. Un ejemplo de la desaminación de los aminoácidos lo tenemos en la valina, que es convertida en el cetoácido correspondiente. De forma que los ácidos grasos volátiles de cadena ramificada que se encuentran en el rumen proceden de los aminoácidos. El amoniaco puede ser absorbido a través del rumen y llegar con la sangre al hígado, donde es convertido en urea. Una pequeña cantidad de esta urea pasa a la saliva y llega de nuevo al rumen, pero la mayor parte es excretada con la orina, o sea que la desaminación de los aminoácidos en el rumen presenta una pérdida seria para las proteínas de la dieta.

### 11.5. GLUCOSA.

[http://www.tuotromedico.com/temas/indice\\_analisis.htm](http://www.tuotromedico.com/temas/indice_analisis.htm), menciona que la glucosa es un azúcar que es utilizado por los tejidos como forma de energía al combinarlo con el oxígeno de la respiración. Cuando comemos el azúcar en la sangre se eleva, lo que se consume desaparece de la sangre, para ello hay una hormona reguladora que es la insulina producida por el páncreas (islotos pancreáticos). Esta hormona hace que la glucosa de la sangre entre en los tejidos y sea utilizada en forma de glucógeno, aminoácidos, y ácidos grasos. Cuando la glucosa en sangre está muy baja, en condiciones normales por el ayuno, se secreta otra hormona llamada glucagón que hace lo contrario y mantiene los niveles de glucosa en sangre.

### 11.6. NITRÓGENO DE LA UREA.

[http://www.tuotromedico.com/temas/indice\\_analisis.htm](http://www.tuotromedico.com/temas/indice_analisis.htm), manifiesta que la urea es el resultado final del metabolismo de las proteínas. Se forma en el hígado a partir de la destrucción de las proteínas. Durante la digestión las proteínas son separadas en aminoácidos, estos contiene nitrógeno que se libera como ión amonio, y el resto de la molécula se utiliza para generar energía en las células y tejidos. El amonio se une a pequeñas moléculas para producir urea, la cual aparece en la sangre y es eliminada por la orina. Si el riñón no funciona bien la urea se acumula en la sangre y se eleva su concentración.

[http://www.agrobit.com.ar/Info\\_tecnica/Ganaderia/prod\\_lechera/GA000015pr.htm](http://www.agrobit.com.ar/Info_tecnica/Ganaderia/prod_lechera/GA000015pr.htm), indica que cuando hay una falta de energía fermentable o cuando la proteína cruda en la dieta es excesivo, no todo el amoniaco producido en el rumen puede ser convertido a proteína microbiana.

Un exceso de amoníaco pasa la pared del rumen y esta transportada al hígado. El hígado convierte el amoníaco a urea que está liberada en la sangre. La urea en la sangre puede seguir uno de dos caminos:

- 1) Volver al rumen vía saliva o a través de la pared del rumen.
- 2) Excreción en la orina por los riñones.

Cuando la urea vuelva al rumen esta reconvertida a amoníaco y puede servir como una fuente de nitrógeno para el crecimiento bacteriana. La urea excretada en la orina esta perdida la animal.

Cuando las raciones son bajas en proteína cruda, la mayoría de urea esta reciclada y poco se pierde en la orina, ya que los rumiantes poseen un mecanismo para ahorrar nitrógeno, es por ello que cuando el contenido de nitrógeno en la dieta es baja, la urea, un producto final del metabolismo de la proteína en el cuerpo del animal, puede ser reciclado en el rumen en cantidades grandes. Sin embargo, mientras se incrementa la proteína cruda en la ración, menos urea esta reciclada y más esta excretada en la orina.

## 12. CONSUMO DE ALIMENTO.

Bustinza, A. (2001), apunta que en condiciones de estabulación y alimentados con pastos cultivados y forrajes, se ha estimado que el consumo de la alpaca, es de 1.8% de su peso vivo.

## 13. NUTRICIÓN CAMÉLIDA.

Soliz, R. (1999), señala que la nutrición animal, abarca una serie de procesos fisiológicos y de reacciones, los cuales transforman los alimentos administrados, y que asimilados van a promover el crecimiento, reemplazar

tejidos y otras sustancias que han sido utilizadas en las actividades del organismo (Verastegui, S. 988).

Adonell (1970), dice que la nutrición conducida correctamente y teniendo presente las reales exigencias de los animales domésticos, asegura un rendimiento más alto y permite obtener de los forrajes la máxima utilidad.

Goyes (1988), manifiesta respecto a la nutrición que es una serie de transformaciones de naturaleza química que sufren los alimentos, con el propósito de reemplazar tejidos gastados y promover el crecimiento y la producción ya sea de lana, huevos, leche y carne.

### **13.1. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.**

#### **13.1.1. ENERGÍA.**

San Martín (1996), expresa que la eficiencia de utilización de los nutrientes depende de un adecuado suministro energético. La deficiencia de energía retarda el crecimiento, demora la pubertad, reduce la fertilidad y deprime la producción láctea. Si la deficiencia es continua los animales muestran una reducción en la resistencia a las enfermedades infecciosas y parasitarias. Este problema puede, posteriormente, complicarse por deficiencia de proteína, minerales y vitaminas.

Las limitaciones energéticas resultan generalmente de un bajo consumo y/o la ingestión de dietas de baja calidad.

Bustinza, A. (2001), asimismo menciona que un estudio reciente realizado con tuis alpacas, durante 70 días, en estabulación se ha determinado que la metabolizabilidad de la dieta fue de 56%. Los requerimientos de energía metabolizable para ganancia (EMg), fueron estimados por regresión. El modelo  $EM/G = b + a W.75/G$  ( $R^2 = 0.99$ ), donde G representa ganancia diaria de peso



vivo, permitió establecer que  $EMm = 71 \text{ kcal./W}^{.75}$  y  $5.5 \text{ kcal.}$  por g. de ganancia de peso vivo.

### 13.1.2. PROTEÍNA.

San Martín (1996), indica que niveles inferiores al 6% de proteína cruda en la dieta determina una reducción en el consumo, el cual a su vez conducirá a una deficiencia de energía y proteína. Esta deficiencia posteriormente reduce la función del rumen y disminuye la eficiencia de utilización de los nutrientes. Deficiencias de proteína por períodos largos condiciona a retardos en el crecimiento fetal, menor peso al nacimiento, afecta el crecimiento de animales jóvenes y deprime la producción láctea.

Chiri, R. (2002), argumenta que sobre el requerimiento de proteína existe escasa información, en alpacas se estimó mediante una prueba de balance nitrogenada. El nitrógeno digerible y proteína digerible requerida, estimada por Huasasquiche (1974) fue de  $0.38$  y  $2.38 \text{ g/kg. de PV}^{0.75}$  respectivamente, este valor reportado de proteína digerida es mas bajo que aquel señalado para ovinos de  $2.79$  y cabras de  $2.82$ .

Este menor requerimiento proteico en los camélidos (Alpaca) puede atribuirse a la capacidad de estos animales de reciclar y utilizar la urea corporal para la síntesis de proteína microbial con extrema eficiencia, sobre todo en raciones de baja calidad.

## 14. LA PROTEÍNA.

Reyna, A. (1995), menciona que fue Berzellius quien sugirió el nombre de **proteína** de la palabra griega proteicos que significa "Primero" o de "Primera importancia".

EMI – SEMINARIO 2. (1999), afirma que las proteínas son los principales constituyentes del cuerpo animal y esenciales para la reparación celular y procesos de síntesis. La deficiencia proteica en la dieta conlleva a un agotamiento de las reservas en la sangre, hígado y músculos, predisponiendo al animal a una variedad de cuadros muchos de ellos fatales.

Niveles inferiores al 6% de proteína cruda en la dieta determina una reducción en el consumo, el cual a su vez conducirá a una deficiencia de energía y proteína. Esta deficiencia, posteriormente, reduce la función del rumen y disminuye la eficiencia de utilización de los rumiantes. Deficiencias de proteína por periodos largos condiciona a retardos en el crecimiento fetal, bajo peso al nacimiento, afecta el crecimiento de animales jóvenes y deprime la producción láctea.

Soliz, R. (1999), manifiesta que las proteínas son aquellas sustancias que forman o han formado parte de un organismo vivo y se caracterizan químicamente por poseer como elemento distintivo al nitrógeno.

Morrison, F. (1994), apunta que cada molécula de proteína esta integrada por un numero considerable de moléculas de aminoácidos enlazadas unas con otras. Los aminoácidos, compuestos nitrogenados, son los materiales de construcción con que se edifican las proteínas. Antes de que puedan ser absorbidas y aprovechadas por el organismo, las proteínas deben ser desdobladas en aminoácidos durante la digestión. Los aminoácidos más sencillos son de estructura análoga a los ácidos grasos, con la diferencia de que contienen un grupo nitrogenado. Otros aminoácidos son de estructura más pequeña. En los animales están constituidos por proteínas, no sólo el protoplasma, sino también las paredes celulares. Por lo tanto, las proteínas constituyen la mayor parte de los músculos, los órganos internos, los cartílagos y el tejido conectivo, así como la piel, el pelo, la lana, y las pezuñas. Las

proteínas forman parte del sistema nervioso e incluso del esqueleto, al que dan tenacidad y elasticidad.

Church, D. et al. (1987), dice que el porcentaje de proteína que se necesita en la dieta es mucho mas alto en los animales jóvenes en crecimiento, y disminuye en forma gradual al llegar a la edad adulta, cuando solamente se necesita una cantidad suficiente de proteína para mantener los tejidos corporales.

#### **14.1. PROTEÍNA CRUDA (PC) O PROTEÍNA BRUTA (PB).**

McDonald, P. et al. (1979), señala que la mayor parte del nitrógeno que el animal necesita se emplea en la síntesis de proteínas. Una gran proporción de nitrógeno de los alimentos se encuentra también en forma proteica y por lo tanto es conveniente, y casi universal, expresar tanto los requerimientos de nitrógeno como el contenido de los alimentos en términos de proteínas. Las proteínas de un alimento pueden calcularse químicamente a partir de su contenido en nitrógeno, determinado por una modificación de la clásica técnica de Kjeldahl ello nos da una cifra de nitrógeno bajo cualquier forma, excepto nitritos y nitratos. Al calcular el contenido en proteína de un alimento a partir de su nitrógeno se parte de dos suposiciones: primero, que todas las proteínas del alimento contienen un 16% de nitrógeno, y segundo, que todo el nitrógeno esta en forma de proteínas.

##### **14.1.1. PROTEÍNA BRUTA DIGESTIBLE.**

McDonald, P. et al. (1979), argumenta que la cifra de proteína bruta nos da una medida del nitrógeno que existe en el alimento, pero no nos da la idea de la utilidad que este nitrógeno tiene para el animal. Antes de que el alimento sea utilizable por el animal ha de ser digerido, con lo que se descompone en sustancias mas sencillas que pueden ser absorbidas por el organismo. La proteína digestible de un alimento puede determinarse mediante ensayos de

digestibilidad. En estos ensayos se obtienen cifras de digestibilidad "aparente", no "real", debido a la presencia en las heces de nitrógeno metabólico que no deriva directamente del alimento. Por lo tanto, estas cifras aparentes son más bajas que las reales, pero puesto que es inevitable la pérdida de nitrógeno metabólico por las heces, constituyen una medida bastante real del valor nutritivo. Por lo general, nunca se intenta determinar la digestibilidad real y los coeficientes que se emplean a diario son los valores aparentes.

#### 14.2. DEFICIENCIAS PROTEICAS.

Degusa, citado por Maldonado (1989), nos indica que un suministro deficiente de proteína se nota rápidamente, ya que la proteína no puede ser acumulada en el organismo, siendo muchos los síntomas de deficiencia de proteína, entre ellos el agotamiento general y enflaquecimiento son los más importantes.

Church, D. et al. (1987), menciona que los signos de deficiencia proteica incluyen: anorexia, disminución de la tasa de crecimiento, un balance de N reducido o negativo, una disminución en la concentración sérica de las proteínas, una disminución en la eficacia para la utilización del alimento, anemia, acumulación de grasa en el hígado, edema (en casos severos), bajo peso de las crías al nacer, disminución en la producción de leche y reducción en la síntesis de algunas enzimas y hormonas.

Bath, et al. (1989), expresan que para que un animal permanezca en equilibrio proteico, las proteínas que se pierden del cuerpo en el proceso de la digestión y el metabolismo de los alimentos se debe reemplazar también a partir de una fuente dietética.

### 14.2.1. DEFICIENCIA DE NITRÓGENO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LOS ALIMENTOS.

Orskov, E. (1988), afirma que cuando existe una deficiencia en nitrógeno se producen dos serias consecuencias, ambas básicamente relacionadas con el mismo fenómeno, es decir, el descenso en el ritmo de degradación potencial del alimento en el rumen. En primer lugar, se produce una disminución en el consumo de alimentos. En segundo lugar, disminuye la digestibilidad y puesto que la producción de proteína microbiana esta relacionada, al menos teóricamente, con la velocidad de síntesis, se puede esperar que exista una reducción en la síntesis de proteína microbiana, y en consecuencia una disminución en la cantidad de proteína disponible para el animal. Una de las consecuencias más serias de la deficiencia en nitrógeno para los microorganismos ruminales se relaciona con la utilización de la energía, más que con la de las proteínas. Si los animales son alimentados *ad libitum* tanto el consumo de alimentos como su digestibilidad se ven afectados.

### 14.3. EFECTO DEL EXCESO DE PROTEÍNAS.

Morrison, F. (1994), dice que el consumo de una cantidad excesiva de proteínas arroja una carga excesiva sobre el hígado y los riñones, que tiene que eliminar el exceso de nitrógeno. Ciertos experimentos han mostrado que no existe peligro en suministrar a los animales una cantidad de proteínas notablemente mayor que la realmente necesaria.

### 14.4. FUENTES DE PROTEÍNA.

Church, D. (1993), apunta que la proteína que llega al intestino delgado de los rumiantes procede de 3 fuentes:

- a) Proteína de la dieta que ha eludido la descomposición por microbios del rumen;

- b) Proteína contenida en las células de bacterias y protozoos que salen del rumen; y
- c) Proteínas endógenas contenidas en células desprendidas y secreciones en abomaso e intestino.

La fuente de nitrógeno que emplean los microbios para la síntesis de proteína consiste tanto en proteína de la dieta como en nitrógeno no proteico (NNP) así como también nitrógeno reciclado hacia el rumen para su reutilización.

## 15. VALORACIÓN DE ALIMENTOS.

### 15.1. DIGESTIÓN.

Cañas, R. (1995), argumenta que el termino digestión se refiere a los procesos que ocurre en el alimento cuando se encuentra en el tracto digestivo. Los productos iniciales de la digestión pueden ser absorbidos, volatizados como gases y eliminados vía boca o recto, perdidos como calor, o excretados en las heces fecales. En la figura 1, se presenta en forma esquemática los procesos que sufre la proteína desde su ingestión por la boca consumo hasta que es eliminada.

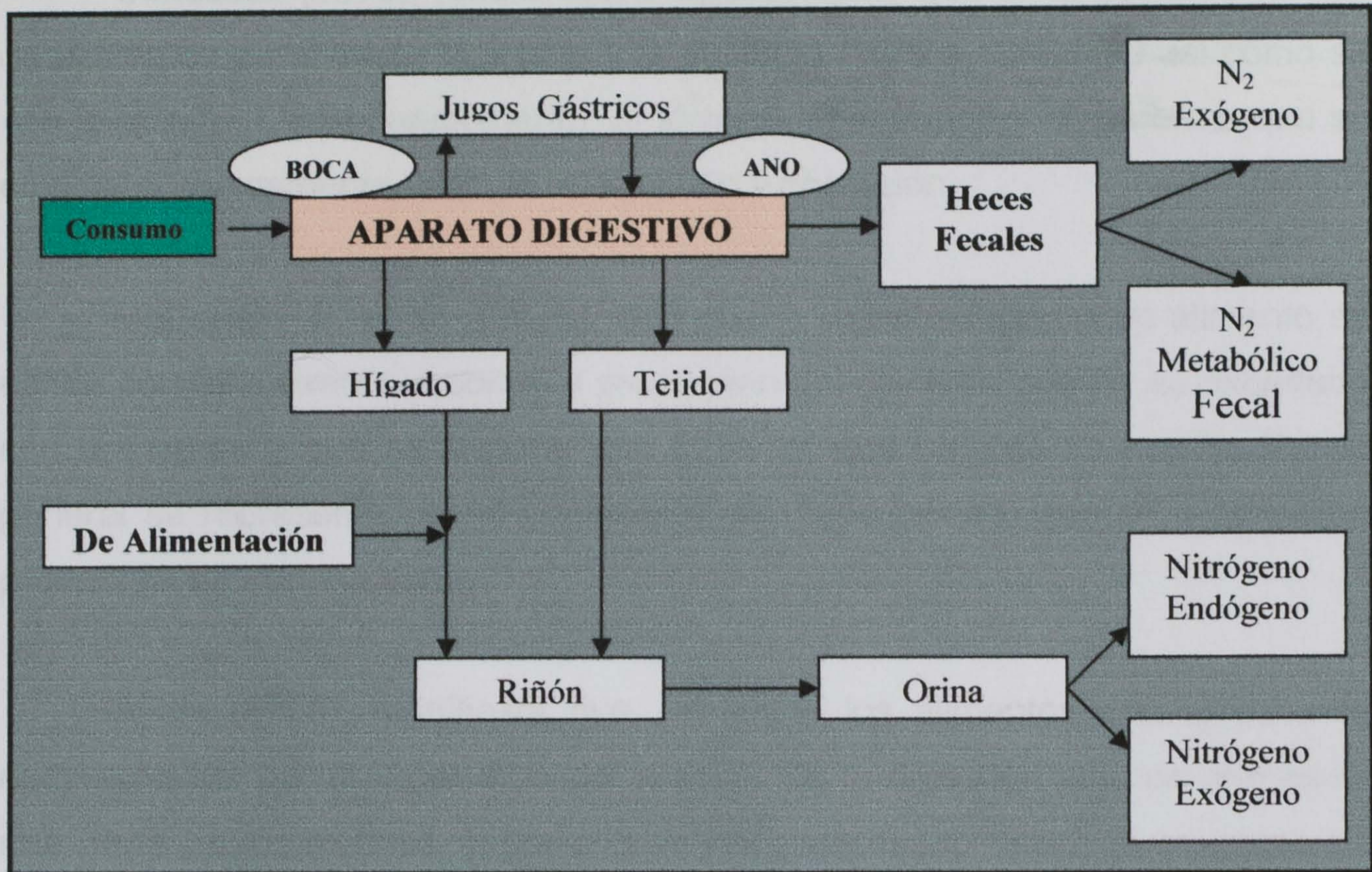


Fig. 1. Esquema de la utilización de la Proteína.

## 15.2. DIGESTIBILIDAD.

Bustinza, A. (2001), explica que todo alimento que consume un animal, tiene una parte que es digestible y otra parte que no lo es y por tanto es eliminada, a cuyo proceso se denomina digestibilidad.

Alcerreca, H. et al. (1991), citado por Abasto (1993), indica que la digestibilidad es el grado de asimilación o incorporación de los nutrientes al organismo animal.

También indican que la digestibilidad es dependiente de muchos factores: Especie animal, sexo, estado fisiológico del animal, época de ensayo, estado fisiológico de la planta, consumo de alimento, calidad del forraje, etc.

Concellon (1978), refiere sobre digestibilidad, que es la descomposición de alimentos en el tracto digestivo y la absorción de los nutrientes así como se van liberando. Consecuentemente, el término digestibilidad, en la forma que se emplea corrientemente, incluye la digestión y absorción.

McDonald, P. et al. (1979), dice que la digestibilidad de un alimento se define con más exactitud como la proporción del alimento que no es excretado con las heces y que se supone, por lo tanto, que ha sido absorbida. Por lo general se representa por el coeficiente de digestibilidad, que se expresa en porcentaje de materia seca.

Ayala (1976), manifiesta que, no todos los alimentos son igualmente aprovechados por el organismo del animal. En la digestión sólo es absorbida una parte de los mismos, y por ello se hace necesario definir el concepto de digestibilidad de un alimento, que es la propiedad que posee de ser utilizado en mayor o menor grado por un organismo.

McDonald, P. et al. (1979), aseveran que el valor potencial de un alimento para suministrar un determinado nutriente puede conocerse mediante análisis químicos, pero el valor real que tiene para el animal es siempre inferior, ya que durante la digestión, absorción y metabolismo se producen pérdidas. Para conocer este valor lo primero que hay que considerar es la porción del alimento que no es absorbida y que se excreta con las heces.

## **16. DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE LAS PROTEÍNAS.**

Morrison, F. (1994), señala que las proteínas de los alimentos son atacadas primero en el estómago por la pepsina, enzima del jugo gástrico, que sólo las digiere parcialmente. Los productos digeridos en parte, en unión de alguna cantidad de proteínas que haya escapado a la acción de la pepsina, pasan al intestino delgado. En él continúa la digestión por la acción de la



tripsina, enzima del jugo intestinal. Finalmente, toda proteína que pueda ser digerida se descompone en aminoácidos. Los aminoácidos son solubles y fácilmente absorbidos por las vellosidades del intestino. Después pasan a la sangre y son llevados a todas las partes del organismo. Los tejidos orgánicos pueden tomar de la sangre la cantidad de aminoácidos que necesiten para cubrir sus exigencias.

La continua desintegración de las proteínas de los tejidos tiene que ser reparada con los aminoácidos resultantes de la digestión de las proteínas aportadas por los alimentos. Si la cantidad de aminoácidos suministrada excede de la necesaria para la reparación de los tejidos o para la formación de las proteínas de nuevos tejidos, el nitrógeno de las moléculas de aminoácidos se separa en el hígado (en forma amoniaca). En este proceso se consume todo el nitrógeno, pues se convierte en compuestos que son excretados en la orina. En el desecho de los productos nitrogenados se produce también una cierta pérdida de energía, sin embargo la parte restante (no nitrogenada) de los aminoácidos es utilizada por el organismo para los mismos fines que los azúcares.

## **17. DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA EN LOS RUMIANTES.**

Goyes (1988), indica que la digestibilidad de una proteína depende de diversos factores. Uno de ellos es la naturaleza de las proteínas, los alimentos que proceden de los animales y peces es quizá la mayor fuente de proteína. El nivel proteico de la dieta es otro factor que afecta la digestibilidad. En el campo de los rumiantes se demostró que la digestibilidad aparente se incrementa cuando el porcentaje de proteína se eleva, siendo este incremento rápido cuando el incremento de proteína del alimento se eleva de 10 a 15%, después de los cuales el incremento de la digestibilidad ya no es tan rápido. El efecto de la fibra sobre la digestibilidad de la proteína es importante; se sabe que con la elevación del contenido de fibra la digestibilidad tiende a descender.

Maynard, L. et al. (1998), expresan que parte de las proteínas de la ración son digeridas en el estomago e intestino, pero una porción mayor es descompuesta por los microorganismos del rumen en aminoácidos y compuestos nitrogenados más sencillos, especialmente amoniaco, que tales microorganismos utilizan para sintetizar sus propias proteínas.

McDonald, P. et al. (1979), al respecto menciona que los microorganismos del rumen hidrolizan las proteínas hasta el estado de péptidos o aminoácidos, pero algunos de estos aminoácidos sufren desaminación y son convertidos en ácidos orgánicos, amoniaco y dióxido de carbono. De forma que los ácidos grasos volátiles de cadena ramificada que se encuentran en el rumen proceden de los aminoácidos. El amoniaco puede ser absorbido a través del rumen y llegar con la sangre al hígado, donde es convertido en urea. Una pequeña cantidad de esta urea pasa a la saliva y llega de nuevo al rumen, pero la mayor parte es excretada con la orina, o sea que la desaminación de los aminoácidos en el rumen representa una perdida seria para las proteínas de la dieta.

Por fortuna, estas actividades destructoras de los organismos del rumen son en gran parte compensadas por sus actividades sintéticas, en las que a partir de aminoácidos o de otras fuentes de nitrógeno mas sencillas como el amoniaco procedentes de la desaminación y el nitrógeno no proteico del alimento constituyen sus propias proteínas, que son digeridas y absorbidas por el animal cuando los microorganismos son arrastrados a través del intestino delgado. Además, esta síntesis de proteínas por las bacterias tiene la ventaja de que sintetizan tanto las esenciales como las no esenciales, lo que hace al huésped independiente del suministro alimenticio de estas últimas.

Si el alimento contiene poco nitrógeno, puede haber una ganancia de nitrógeno, puede haber una ganancia neta de nitrógeno y de proteína durante la fermentación en el rumen. Por el contrario, cuando el alimento es rico en

nitrógeno, parte de él se pierde en el rumen en forma de amoníaco y la proteína que llega al intestino es inferior a la que contenía el alimento. Posiblemente, del 50 al 90% de la proteína que llega al intestino es de origen microbiano. El resto corresponde a la proteína del alimento que no ha sido degradada en el rumen y su proporción es más elevada cuando se trata de proteínas insolubles que son más resistentes al ataque por las bacterias.

## 17.1.1. PROTEÍNA BACTERIANA

### 17.1. SÍNTESIS MICROBIANA DE LA PROTEÍNA.

Owens y Zinn; Church (1993), manifiestan que los animales rumiantes gozan de la capacidad única de subsistir y producir sin disponer de una fuente de proteína dietética debido a la síntesis de proteína microbiana en el interior del rumen. Los microbios del rumen son aprovechados por el animal y, junto con la proteína que escapa (se desvía) de la degradación en el rumen, proporciona al intestino delgado proteína para ser digerida y absorbida.

Los mismos autores, citados por Church, (1993), dicen que los microbios del rumen contienen generalmente entre 20 y el 60% de su sustancia seca en forma de proteína bruta. El contenido de proteína bruta de las bacterias del rumen, como conjunto, tiende a variar tan solo ligeramente, siendo el promedio de 50% (+-5%). Los protozoos, por otra parte, son mucho más variables en este aspecto, conteniendo en promedio el 40% de proteína bruta con una variación del 20 al 60%.

La fuente de N que emplean los microbios para la síntesis de proteína consiste tanto en proteína de la dieta como en N no proteico (NNP), así también como N reciclado hacia el rumen para su reutilización. La proteína bruta microbiana (PBM) fluye hacia el omaso, abomaso y posteriormente hacia el intestino delgado para su digestión junto con otros materiales residuales procedentes del rumen.

McDonald, P. et al. (1979), asevera que las proteínas del alimento por acción de los microorganismos en el rumen son degradadas hasta aminoácidos o amoniaco, una gran proporción de los cuales son usados para la síntesis de proteínas microbianas que eventualmente son digeridas y absorbidas por el huésped.

### **17.1.1. PROTEÍNA BACTERIANA.**

Morrison, F. (1994), señala que afortunadamente, los rumiantes tienen necesidades de proteínas mucho mas sencillas que las ratas, los perros, los cerdos, las aves y el hombre. Esto se debe a que las bacterias y otros microorganismos, que desempeñan un papel importante en la digestión de la fibra por estos animales, pueden alimentarse con compuestos nitrogenados muy sencillos, que los animales no pueden utilizar directamente. Las bacterias sintetizan con estas formas sencillas de nitrógeno proteínas complejas, formando las células de que están compuestas. En un lugar posterior del tubo digestivo de los rumiantes, se digieren estas células bacterianas, y las proteínas edificadas por las bacterias quedan, de este modo, a disposición del animal. Por tanto, estas proteínas bacterianas proporcionan todos los aminoácidos esenciales, aunque estos no estuvieran presentes en los alimentos consumidos por el rumiante.

## **18. DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE LA PROTEÍNA EN LA ALPACA.**

Bustinza, A. (2001), menciona que la digestibilidad de la alpaca comparada con la del ovino, en un resumen integrando 18 estudios realizados, en dietas con diferentes concentraciones de proteína cruda dio resultados diferentes. Cuando el contenido de proteína cruda en la dieta es pobre (<10% de PC) la digestibilidad es mayor en la alpaca y, aún cuando el contenido de proteína es mayor (>10% de PC) no hubo diferencias entre las dos especies.

## 19. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD.

McDonald, P. et al. (1979), indica que en los ensayos de digestibilidad se da al animal una cantidad conocida del alimento que se investiga y se mide la excreción fecal. El ensayo se hace con varios animales, aunque sean de la misma especie, edad y sexo, presentan ligeras diferencias en su habilidad digestiva, y segundo por que así se detecta fácilmente cualquier error de medida que pudiera cometerse.

En los ensayos con mamíferos se usan machos con preferencias a las hembras, por que con ellos es mas fácil obtener la orina y las heces por separado. Los animales han de ser dóciles y sanos. A los animales pequeños se les coloca en jaulas de metabolismo, en las que las heces y la orina se separan por medio de un tamiz, pero a los animales mas grandes, como el ganado se les acoplan sacos para la recogida de heces hechos de goma o de cualquier otra materia impermeable.

El alimento usado en el ensayo ha de mezclarse previamente lo mejor posible para conseguir una composición uniforme. Antes de empezar a recoger las heces el animal debe llevar por lo menos una semana con la dieta experimental, con objeto de que se acostumbre a ella y eliminar del tracto alimenticio todo resto de alimentos anteriores. Este periodo previo va seguido de otro, que dura de 5 a 14 días, en el que se controla la digestión y la excreción.

En todos los ensayos de digestibilidad y especialmente en los llevados a cabo con rumiantes, es aconsejable dar la comida todos los días a la misma hora y procurar que las cantidades ingeridas sean aproximadamente las mismas.

## **19.1. PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD.**

### **19.1.1. MÉTODO CONVENCIONAL.**

Church, D. et al. (1987), argumenta que las pruebas de digestibilidad se utilizan para determinar la proporción de nutrimentos que se encuentra en un alimento o dieta y que pueden absorberse en el aparato digestivo. Los animales se alimentan con una dieta de composición conocida durante un periodo de varios días, durante los cuales se recolectan las heces y se analizan (en una fecha posterior) para detectar a los componentes en estudio. Se recomienda mantener un suministro de alimento diario constante para disminuir las variaciones que se pueden presentar de día a día en la excreción fecal. El tiempo que se necesita para que los residuos de los alimentos pasen a lo largo de todo el aparato digestivo es de 1 a 2 días o menos para la mayoría de las especies monogástricas y un poco más largo para los rumiantes. Por consiguiente, se necesita un periodo preliminar de 4 a 10 días para limpiar el aparato digestivo de los residuos del alimento ingerido antes de iniciar la prueba y para permitir que el animal se adapte a la dieta de prueba. Después del periodo preliminar de adaptación viene un periodo de recolección que dura de 4 a 10 días. Como tanto las dietas como los animales se controlan mucho más de cerca debido a que el lapso es menor que para el crecimiento, de 4 a 6 animales por tratamiento generalmente son suficientes para los fines estadísticos.

### **19.1.2. JAULA METABÓLICA.**

Maynard, L. et al. (1975), dice que un ensayo sobre la digestión requiere la recogida cuantitativa de las heces de modo que no se contaminen con la orina. Aunque en otro tiempo esto se hacía a mano en los animales de granja, hoy se emplean varios tipos de jaulas de metabolismo, que son modificaciones de las ideadas para los animales de laboratorio. En su jaula, el animal debe tener libertad de movimiento, en particular para echarse y levantarse. En los

tipos de uso mas corriente en la actualidad, la longitud de la jaula se ajusta al tamaño del animal de modo que éste no pueda dar vueltas, y las heces caen en un deposito apropiadamente situado, mientras que un embudo de caucho, sujeto al vientre del animal por una guarnición, envía la orina mediante un tubo a un deposito exterior para la recogida cuantitativa del liquido, conforme se requiere en los estudios sobre balances. El comedero esta instalado en la parte delantera de la jaula en forma que no se derrame el pienso.

## 20. DIGESTIBILIDAD APARENTE.

Flores (1992), menciona que la digestibilidad es un parámetro importante para la evaluación del valor nutritivo del forraje, debido a que mide el grado de utilización digestiva de un alimento y representa la fracción de sustancias digeridas que no son excretadas en las heces.

Su formula es la siguiente:

$$D.A. (\%) = \frac{I - H}{I} \times 100$$

Donde:

*D.A.* = Digestibilidad Aparente.

*I* = Sustancias Ingeridas.

*H* = Sustancias Excretadas.

Church, D. et al. (1987), explica que la digestibilidad se calcula de la siguiente manera:

$$D.A. (\%) = \frac{\text{Consumo del Nutrimiento} - (\text{Nutrimiento en las heces})}{\text{Consumo del Nutrimiento}} \times 100$$

## 20.1. DIGESTIBILIDAD APARENTE vs. DIGESTIBILIDAD VERDADERA.

Church, D. et al. (1987), manifiesta que la digestibilidad aparente es tan solo una medición de la proporción de la dieta que no aparece en las heces. La digestibilidad verdadera de un nutrimento es aquella proporción del consumo dietético que se absorbe en el aparato digestivo, y que no incluye ninguna contribución de otras fuentes del organismo. Con respecto al N, el N fecal que tiene su origen directamente en los alimentos digeridos se denomina **N exógeno** (no proviene de tejidos orgánicos), mientras que el que tiene su origen en los tejidos orgánicos se denomina **N fecal metabólico** (endógeno). La digestibilidad aparente de la proteína de un alimento está relacionada con el nivel de proteína que se encuentra en el mismo.

Maynard, L. et al. (1998), indica que el descubrimiento de que parte del nitrógeno fecal consiste en compuestos distintos de los procedentes de la alimentación condujo pronto a proponer la determinación de la auténtica digestibilidad de las proteínas considerando sólo la fracción no digerida, por contraposición a la digestibilidad aparente, que estaba basada en la total excreción habida.

El nitrógeno metabólico excretado es una pérdida que ha de tomarse en cuenta y que tiene que evaluarse en algún proceso orgánico. Aunque es independiente del componente nitrogenado de la ración, si se relaciona con la ingestión total de alimento y es una pérdida producida en el curso total de la digestión. Es adjudicable con mayor propiedad a la digestión que a cualquiera



### **22.1.1. COMPOSICIÓN DE LAS HECES.**

Church, D. (1993), manifiesta que la sustancia seca fecal contiene material de la dieta no digerido, membranas celulares no digeridas de las bacterias del rumen, células microbianas procedentes del ciego e intestino grueso, y residuos de muchas sustancias endógenas incluyendo enzimas digestivos, mucus y otras secreciones y células epiteliales desprendidas de las paredes del conducto digestivo hacia su luz. La proporción de materiales de origen dietético en relación con los de origen metabólico y endógeno será máxima cuando las dietas contengan cantidades sustanciales de alimentos difíciles de digerir (por ejem., forrajes de baja calidad). Por el contrario, los animales que consumen dietas ricas altamente digestibles (por ejem., ricas en cereales) excretan heces que contienen muy poca materia de origen dietético.

#### **22.1.1.1. COMPOSICIÓN DE LA PROTEÍNA FECAL.**

Orskov, E. (1988), dice la proteína fecal está constituida por diversas fracciones de diferente origen. La primera fracción correspondiente a las paredes celulares microbianas indigestibles originadas en el rumen no parece estar relacionada con los componentes de la ración. La segunda fracción correspondiente a los microorganismos originados en el intestino grueso, variara de acuerdo con la cantidad de substrato fermentado en este lugar, lo cual a su vez se ve afectado por el tamaño de las partículas y la velocidad de degradación del alimento en el rumen. La tercera fracción no ha sido adecuadamente identificada, pero probablemente mantiene una cierta relación con el tiempo de retención en el ciego y aumenta al hacerlo el contenido de humedad. En el trabajo de Mason y White (1971) esta fracción represento del 16 al 59% del nitrógeno fecal. La cuarta fracción, correspondiente a la proteína indigestible, variará directamente con el contenido en proteína no digestible en la ración. A menos que la proteína de la ración haya sido modificada por el calor o los tratamientos químicos, esta fracción suele ser pequeña, ya que la

digestibilidad verdadera de la proteína de la ración variará normalmente entre 90 y 100%.

De todo lo indicado, se deduce que sólo una pequeña fracción del nitrógeno fecal esta relacionada, directamente con la proteína de la ración. Mason y White (1971) demostraron, utilizando una serie de raciones, que el nitrógeno fecal no procedente de la ración variaba entre 72 y 97%.

#### 22.1.1.1.1. NITRÓGENO FECAL.

Maynard, L. et al. (1998), menciona que entre los compuestos nitrogenados del excremento unos son sustancias no digeridas o no absorbidas; otra parte constituye la fracción denominada *nitrógeno metabólico fecal*. Esta fracción comprende sustancias que se originan en el organismo, como residuos de bilis y otros jugos digestivos, células epiteliales desprendidas del tubo digestivo por el roce del alimento, a lo que se añade los residuos bacterianos, cuyo nitrógeno, al menos en parte, procede del alimento. La existencia del nitrógeno metabólico fecal, por contraposición al nitrógeno no digerido, queda demostrada por el hecho de que las heces excretadas como consecuencia de una alimentación exenta de nitrógeno siempre contienen compuestos nitrogenados. Conviene distinguir estas fracciones, por que tienen distintos orígenes y por que tal distinción es útil en la determinación del valor biológico de las proteínas en la nutrición.

Que el nitrógeno metabólico excretado aumenta al compás de la ingestión del alimento, es fácilmente comprensible, pues cuanto mayor es la cantidad de alimentos ingeridos tanto mayor es la excreción de jugos digestivos y mayor es la descamación de las mucosas del tubo digestivo.

No existe un método enteramente fiable para separar en las heces el nitrógeno metabólico del no digerido. La cantidad de nitrógeno metabólico se determina con raciones exentas de nitrógeno o con raciones que contienen

pequeña cantidad de proteínas que se saben van a ser digeridas prácticamente en 100%. Las cifras así obtenidas para el nitrógeno metabólico por unidad de materia ingerida se utilizan para calcular la fracción metabólica producida por raciones que originan además la excreción del nitrógeno no digerido, calculo que se hace en el método Thomas Mitchell para la determinación del valor biológico de las proteínas. Por este procedimiento se han hallado valores de nitrógeno metabólico de 0.5 g. por 100 g. de materia seca consumida por los rumiantes. Esta última cifra disminuye con raciones bajas en forraje y aumenta con raciones de forraje solo.

## **22.2. ORINA.**

Calle, R. (1982), expresa que en las alpacas, el acto de orinar se sucede con la frecuencia de 6 a 8 al día; las hembras lo hacen en forma ordinaria, pero los machos tienen la particularidad de hacerlo hacia atrás con un movimiento intermitente durante todo el tiempo que dura la micción.

### **22.2.1. COMPOSICIÓN DE LA ORINA.**

Church, D. (1993), indica que la orina es una solución que contiene productos del metabolismo del N y S, sales inorgánicas (particularmente Na, K y Cl) y algunos pigmentos, por eso es que la orina suele ser de color amarillento a castaño oscuro.

La orina es la principal ruta de excreción por la mayoría de los productos residuales originados por el metabolismo corporal de muchos compuestos nitrogenados distintos. Los compuestos que contiene N en la orina proceden tanto de fuentes dietéticas como endógenas y las cantidades y proporciones de estos distintos compuestos constituyen un indicativo de la situación del N dietético del animal. La urea es el principal producto final del metabolismos del N en casi todos los mamíferos y la cantidad de urea excretada por los rumiantes, así como también la proporción de N urinario total excretado en

forma de urea, han demostrado estar correlacionadas positivamente con la ingestión de N digestible.

NATURALES Y METODOS

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. LOCALIZACIÓN.

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental de la Universidad Brigham Young, ubicado en la ciudad de Provo del Estado de Utah – EE.UU. a una altura de 1369 m.s.n.m. y localizado geográficamente a 40°12' de latitud norte y 111°43' de longitud oeste.

### 2. CLIMA.

Las características climáticas del Estado de Utah, particularmente de la ciudad de Provo, durante la presente temporada reflejaron los siguientes datos climatológicos: 4°C de temperatura mínima promedio, 11.4°C de temperatura media anual y 19°C de temperatura máxima promedio, en tanto que la humedad relativa fue del 55% y la precipitación media anual de 353.1 mm.; presentando así un clima árido.

### 3. MATERIAL.

#### 3.1. PRUEBAS EN CORRALES.

- 30 Alpacas.
- 3 Corrales.
- Alimento (dietas).
  - Festuca alta (*Festuca arundinacea*).
  - Cebada (*Hordeum vulgare*).
  - Raygrass (*Lolium perenne*).
  - Maíz (*Zea mays*).

- Trigo (*Triticum vulgare*).
- Suplemento.
- Harina de sangre.
- Aceite.
- Trinchete.
- Recipientes grandes de plástico.
- Guantes de cuero.
- Tubos al vacío.
- Agujas vacutainer.
- Alcohol etílico al 70%.
- Gasa.
- Hielo.
- Pipeta.
- Microtubos graduados.
- Bolsas plásticas.

### **3.2. PRUEBAS EN JAULAS METABÓLICAS.**

- 6 Alpacas.
- 6 Jaulas Metabólicas (accesorios completos).
- Alimento.
- Colectores de heces y orina.
- Arnese.
- Frascos pequeños de plástico.
- Bolsas plásticas.
- Tubos al vacío.
- Catéter.
- Bolsas de heparina
- Gasa.
- Alcohol etílico al 70%.
- Solución salina (cloruro de sodio al 0.9%).

- Solución de HCl al 50%.
- Botellón de plástico.
- Probeta graduada.
- Matraz Erlenmeyer.
- Pipeta.
- Microtubos graduados.

### **3.3. EQUIPOS.**

- Tractor.
- Bascula.
- Cinta métrica (100 m.).
- Balanza analítica.
- Molino de forrajes.
- Mezcladora de forrajes.
- Horno secador.
- Bomba de succión.
- Nova.
- Genios.
- Lico.
- Centrifugador.
- Cámara fotográfica.

### **3.4. REACTIVOS.**

- Estándar A, B y C.
- Biorad.
- Regente 500 - 0116.
- Waco químicos 994 - 75409.
- Sigma 555 - A.

### **3.5. MATERIAL DE ESCRITORIO.**

- Computadora.
- Calculadora.
- Cuaderno de registros.
- Hojas bond tamaño carta.
- Lápiz Negro y borrador.
- Marcadores.

### **4. MÉTODO.**

Para el presente trabajo de investigación, se proyectó que paralelamente se realizaran dos pruebas, una en corrales y otra en jaulas metabólicas; pruebas que tuvieron como único propósito la complementariedad de los resultados.

#### **4.1. PRUEBAS EN CORRALES.**

Esta parte de la investigación llevada a cabo en corrales tuvo una duración de 3 meses (12 semanas).

La metodología adoptada en la presente prueba es la que a continuación se describe en detalle:

##### **a. Instalación de Corrales.**

La instalación de corrales metálicos fue llevado a cabo semana previa al inicio de la investigación y para el mismo se hizo uso de un tractor (Bodcat). Cada corral construido (3 corrales) fue instalado en un área de 100 m<sup>2</sup>, donde cómodamente llegaron a habitar las 10 alpacas que correspondían a cada tratamiento (dieta 1, 2 y 3), además que cada corral contaba con un comedero y dos bebederos automáticos.



## b. Mezcla de Alimento.

La mezcla del alimento (dietas) también fue realizado semana previa al inicio de la investigación de acuerdo a las características de cada dieta (tratamiento), tal y como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 3. Componentes alimenticios de cada dieta (tratamiento).**

	DIETA	DIETA	DIETA
COMPONENTES	P1	P2	P3
	(%)	(%)	(%)
Cebada	4,8		
Raygrass	71,4	71,4	71,4
Suplemento	8,8	8,8	8,8
Maíz	9,5	9,5	9,5
Trigo	4,8	6,7	2,4
Aceite	0,7	0,7	0,7
Harina de Sangre		2,9	7,2
<b>Total Dieta (alimento)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
NUTRIENTES			
Energía Digestible (ED)	2,51	2,57	2,53
Proteína Cruda (PC)	94,00	123,52	160,38
Proteína	<b>8,8</b>	<b>11,1</b>	<b>14,8</b>
Materia Seca Total (MS)	955,11	954,23	955,31

ED (g/kg PV<sup>0.75</sup>)

PC (g/kg PV<sup>0.75</sup>)

PC (%)

MS (g)

Los tratamientos suministrados (niveles de proteína), fueron derivados de la tesis de Huasasquiche (1974), quien mediante una Prueba de Balance de Nitrógeno estimó 2.38 g. PC/kg. PV<sup>0.75</sup> (proteína digerible requerida); estimación que tomada como referencia, permitió calcular los porcentajes de Proteína

Cruda (% PC) que en la presente investigación fueron objeto de estudio. Es así que el % PC valorada para los tratamientos P1, P2 y P3 fueron 8.8%, 11.1% y 14.8% respectivamente; valores encontrados a partir de la multiplicación entre el porcentaje de Nitrógeno (% N) de cada tratamiento P1 (1.41%), P2 (1.78%) y P3 (2.37%) y el factor de conversión 6.25, operación matemática que dio como producto los niveles de proteína (% PC) administrados en el presente trabajo de investigación.

Morrison, F. (1994), señala que debe cuidarse de que las raciones experimentales cubran plenamente todas las necesidades de minerales, vitaminas y energía. De lo contrario, el aprovechamiento de proteínas decrecería por la falta de otros principios nutritivos.

### **c. Selección de Alpacas.**

La selección de animales (tuis III y janachos) fue realizado de un total de 200 alpacas, las mismas que se encontraban en un hábitat de semicautiverio, las 30 alpacas seleccionadas fueron divididas al azar en 3 grupos de 10 alpacas por tratamiento (dieta 1, 2 y 3) dispuestos de acuerdo al diseño experimental planteado; tomando en cuenta que, de las 10 alpacas de cada tratamiento 5 fueron tuis III y las otras 5 janachos.

### **d. Identificación.**

Las alpacas en estudio fueron identificadas con caravanas, las cuales se encontraban bajo una numeración de P1 a P10 en todos los tratamientos y para diferenciar a los mismos se utilizó 3 colores distintos de caravanas: blanco (P1), naranja (P2) y celeste (P3).

#### **e. Análisis Bromatológico de las Dietas.**

Para el análisis bromatológico (análisis de laboratorio) realizado en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Brigham Young, se tomaron muestras representativas de cada una de las dietas en estudio.

#### **f. Acostumbramiento al Consumo de la Dieta (Alimento Ofrecido).**

Posterior a la formación de grupos e identificación de las alpacas, se sometió a todos los animales a un periodo de ambientamiento al consumo de la dieta a proveerle durante la etapa experimental; suministrando cada dieta bajo un régimen ad libitum.

Respecto al tiempo de acostumbramiento, Maiza (1989) y Quispe (1990), mencionan que el tiempo óptimo de adaptación al consumo de una dieta alimenticia es de 7 días, en este tiempo tanto la flora microbiana del rumen como las características fisiológicas del animal, se acostumbran apropiadamente al nuevo tipo de alimento.

Así como las alpacas se fueron acostumbrando al consumo de la dieta, también se habituaron a su nuevo medio de vida (corrales) ya que estas alpacas venían de vivir en un hábitat de semicauteverio.

#### **g. Inicio del Experimento.**

Luego de la adaptación de las alpacas al consumo del alimento ofrecido (dieta) y antes de dar inicio a la etapa experimental propiamente dicha, las alpacas de cada tratamiento fueron pesadas con el propósito de obtener el peso vivo al inicio de la investigación.

#### **h. Suministro y Medición del Alimento Ofrecido.**

El suministro de alimento se lo realizó de acuerdo al tratamiento asignado a cada grupo animal bajo dos turnos, uno por la mañana a hrs. 8:00 am. y el otro por la tarde a hrs. 5:00 pm.; la cantidad proporcionada a cada grupo animal se lo hizo bajo el régimen de oferta de alimento ad libitum, tomándose en cuenta para ello el consumo máximo observado de cada grupo de alpacas.

Ruiz, M. et al. (1990), manifiesta que en las pruebas de digestibilidad y consumo en confinamiento puede utilizarse un régimen de oferta de alimento, un régimen ad libitum o un régimen a diferentes niveles. Sin embargo, lo más común es medir digestibilidad y consumo en condiciones de alimentación ad libitum. En este caso el nivel ad libitum se logra suministrando 10 a 15% más de alimento, sobre el consumo máximo observado.

#### **i. Recolección de Muestras de Alimento Residual.**

La recolección de muestras del alimento residual de cada dieta fue realizada bajo peso, cada 2 días durante la semana, en horas de la mañana antes de proveerles alimento; al cabo de la semana se tenían tres muestras, las cuales fueron mezcladas en una sola con el motivo de extraer solo una muestra representativa por semana y por tratamiento. Dichas muestras de alimento residual posteriormente fueron sometidas a secado en un horno a una temperatura de 100°C por el lapso de 24 hrs.

Chuch, D. et al. (1977), argumenta que el secado de las muestras se realiza principalmente con el motivo de disminuir el contenido de agua hasta el punto en que se pueda almacenar sin que este sufra cambios en su composición química.

Dicho proceso se efectuó tanto con el alimento residual como con el ofrecido, primeramente con el motivo de obtener el % de MS de los mismos, para luego en base a estos datos encontrar el % de MS del alimento consumido por tratamiento.

Posteriormente, estas muestras fueron pesadas y molidas finamente en los molinos Willey que se tiene en instalaciones de la Estación Experimental de la Universidad Brigham Young; Ruiz, E. et al. (1990), indica que la reducción de tamaño de las partículas se realiza con el fin de aumentar el área de exposición a los reactivos. Una vez molidas fueron embolsadas y apropiadamente identificadas para su posterior análisis bromatológico.

#### **j. Recolección de Muestras de Sangre.**

La recolección y obtención de muestras de sangre de las alpacas por tratamiento, fue realizada cada 2 semanas, por el lapso de duración de la investigación. La sangre fue extraída de la vena yugular en un volumen de 6 a 10 ml. para lo cual se utilizó agujas vacutainer con tubos al vacío de 10 ml. de capacidad debidamente identificadas con el número de cada alpaca y el tratamiento al que corresponde. Dicha extracción se realizó a partir de hrs. 8:00 am.; muestras que fueron colectadas una a una en un termo con hielo hasta finalizar la recolección. Finalmente dichas muestras fueron llevadas con el respectivo cuidado para evitar su hemólisis al laboratorio específico de la Estación Experimental de la Universidad Brigham Young para su correspondiente análisis.

#### **k. Separación del Plasma Sanguíneo.**

Previamente al análisis de las muestras de sangre se procedió a la separación del plasma sanguíneo, actividad para el que se utilizó una centrifugadora; equipo con el que se procedió a la centrifugación de las muestras de sangre a 3000 r.p.m. por un espacio de 20 min. a temperatura

ambiente, luego el plasma fue separado en microtubos identificados con el número de alpaca y de tratamiento al que pertenece, posterior a ello estas muestras fueron congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$ , para su respectivo análisis de Albúmina, Proteína Total en el Plasma, Creatinina, Ácidos Grasos, Glucosa, y Nitrógeno de la Urea en el Plasma Sanguíneo, en los equipos Genios y Nova existentes en el laboratorio de la Estación Experimental de la Universidad Brigham Young.

### **I. Pesaje de Alpacas.**

El pesado de las alpacas de cada tratamiento, así como la extracción de sangre, fueron realizadas simultáneamente cada 2 semanas, hasta la conclusión de la investigación, siendo que para ello se hizo uso de una bascula; esto con la finalidad de controlar el peso vivo (ganancia o pérdida) y a través de ello observar el efecto y la respuesta de las alpacas al tratamiento en estudio.

### **m. Faeneo de Alpacas.**

Para este efecto se faeneo al total de alpacas que corresponden a cada tratamiento, teniendo en cuenta que previamente a esta actividad, 24 hrs. antes se procedió a la restricción de alimento a los animales. Esta tarea fue realizada en el matadero de la Estación Experimental de la Universidad Brigham Young con el motivo de obtener los órganos internos (corazón, hígado, pulmón, riñón, bazo, cerebro y músculo) de cada alpaca por tratamiento; órganos internos que luego fueron pesados con la finalidad de observar si existe o no diferencia estadística entre las dietas suministradas. Así mismo, para efectos de comparación con las tres dietas en estudio, solo para esta actividad se trajo 10 alpacas (5 tuis III y 5 janachos) del mismo hábitat de semicautiverio del que se trajeron los demás animales, tomándose en cuenta que estas alpacas (P4) traídas al final de la investigación, se alimentaban tan solo con forraje existente en la pradera que habitaban, donde predominaba la Festuca alta (*Festuca arundinacea*), la misma que al ser analizada reveló que contenía 19.4% de Proteína Cruda (PC).

## **4.2. PRUEBAS EN JAULAS METABÓLICAS.**

Esta parte de la investigación llevada a cabo en Jaulas Metabólicas, es un complemento a lo hecho en corrales, por lo mismo se trabajo bajo la acción de los mismos tratamientos pero de manera más específica por un lapso de 2 meses (8 semanas).

La metodología aplicada en la presente prueba es la que a continuación se describe en detalle:

### **a. Instalación de Jaulas Metabólicas.**

La instalación de las jaulas metabólicas fue realizado semanas antes de iniciar la investigación, haciéndose uso para ello de un tractor (Bodcat) debido al peso que representaban las jaulas metabólicas. Cada una de las 6 jaulas instaladas en las caballerizas de la Estación Experimental de la Universidad Brigham Young estaba constituida por todos los accesorios que correspondían al mismo, concretamente un comedero, un bebedero automático, un recolector de heces, orina y una bomba de succión.

### **b. Selección de Alpacas.**

La selección de alpacas (tuis III y janachos) fue desarrollada de la misma forma en que se realizó la selección de alpacas para los corrales, es decir las 6 alpacas que conformaron parte del experimento, fueron seleccionadas al azar de un total de 200 alpacas que vivían en semicautiverio, tomando en cuenta para ello, la recomendación hecha por Church, D. et al. (1987), cuando afirma que para pruebas de digestibilidad, de 4 a 6 animales por tratamiento generalmente son suficientes para fines estadísticos. Aplicada la recomendación, las 6 alpacas fueron distribuidas al azar en jaulas metabólicas y sometidas al suministro de los tratamientos de acuerdo al diseño experimental establecido para esta parte de la investigación.

### **c. Cateterización.**

La técnica utilizada para la realización de la cateterización se baso en los siguientes pasos:

- Saturar aproximadamente 1" de esponjas de gasa con alcohol etílico al 70%.
- Realizar la limpieza de la manguera delgada (2,5 mm. de  $\varnothing$ ) con el uso de una jeringa cargada con solución salina o heparina; luego cargar nuevamente la jeringa con 8 a 10 ml. de solución salina.
- Limpiar con alcohol la zona del cuello en el que se hará la incisión (corte de la piel), exactamente en el lugar en el que se encuentra ubicada la vena yugular y preferentemente a una altura de 10 a 15 cm. de la base del cuello, por medio de la cual se introducirá la sonda.
- Introducir la sonda a través del corte realizado en la piel de la alpaca, formando un ángulo de 15 a 20° con respecto al cuello y luego dar con la vena yugular; entonces saldrán chorros de sangre y es cuando se debe introducir a través de la sonda la manguera delgada (aproximadamente 20 a 25 cm. medidos desde la cabeza de la sonda), posterior a ello extraer la sonda dejando la manguera delgada inserta en el cuello de la alpaca.
- Por medio de la manguera inyectar de 3 a 4 ml. de solución salina, posteriormente sujetar con adhesivo la manguera al cuello de la alpaca, exactamente a nivel de la incisión.
- Finalmente, colocar el tapón respectivo a la manguera delgada y sujetar todo el largo que resta del mismo (manguera fuera de la incisión) al cuello de la alpaca haciendo uso de una venda, así como fuera una chalina rodeando al cuello y es en la venda misma donde se debe realizar un pequeño estuche, en el cual se debe insertar el extremo libre de la manguera con tapón. Se recomienda que durante el lapso de duración de la prueba diariamente se realice la limpieza de la manguera inyectando a la alpaca 2 a 3 ml. de solución salina o heparina, esto con



el propósito de evitar el taponamiento de la manguera por efecto de la coagulación de sangre.

**d. Identificación.**

Las alpacas en estudio fueron identificadas con caravanas bajo la numeración establecida en el inventario de la Estación Experimental de la Universidad Brigham Young.

**e. Adiestramiento y Acostumbramiento de Alpacas a las Jaulas Metabólicas.**

Semanas previas al inicio de la investigación, se procedió al acostumbramiento de las alpacas a las jaulas metabólicas, esto debido a que estos animales venían de vivir de un hábitat en semicautiverio, así mismo se efectuó el adiestramiento de las alpacas a subir (ingresar) y bajar (salir) de las jaulas a un corral contiguo, corral de reposo que se instaló con el propósito de mitigar el estrés que les causaría a las alpacas el encierro en las jaulas metabólicas, dicha actividad se la llevo a cabo durante las semanas previas al inicio de la investigación como durante la etapa experimental propiamente dicha, actividad que se realizó por el lapso de una semana (periodo pre-experimental) entre periodos de experimentación; simultáneamente se trabajó en lo que representa el acostumbramiento al consumo de la dieta que se le ofrecería a cada alpaca durante el siguiente periodo experimental.

**f. Acostumbramiento al Consumo de la Dieta (Alimento Ofrecido).**

La metodología utilizada para esta parte de la investigación en las jaulas metabólicas es la misma metodología adoptada en los corrales y la que Ruiz, M. et al. (1990) practica y sobre el que dice que es esencial que en las pruebas de digestibilidad y consumo se tenga un período pre-experimental o de acostumbramiento. Este período, que puede variar entre 7 y 12 días, tiene

como objetivo el asegurar que los animales se acostumbren a la condición de confinamiento, al alimento ofrecido y así mismo exista una remoción total de los residuos no digeridos de alimentos previos del tracto digestivo. Durante este periodo, el alimento debe suministrarse de acuerdo al régimen alimenticio escogido (ad libitum). Se recomienda que la medición o colección de muestras se realice durante un periodo de 7 a 10 días, en los cuales no se debe variar el régimen alimenticio previamente elegido.

Los animales deberán pesarse al inicio y al final de la prueba, y desparasitarse antes de iniciar el período de acostumbramiento; además se debe revisar el estado general de salud de las alpacas.

#### **g. Inicio del Experimento.**

Luego del adiestramiento, adaptación de las alpacas a las jaulas metabólicas y al consumo de la dieta (alimento ofrecido), se dio inicio a la prueba experimental propiamente dicha, previa valoración del peso vivo al inicio del experimento.

#### **h. Suministro y Medición del Alimento Ofrecido.**

Durante toda esta parte de la investigación, el suministro de alimento fue ofrecido bajo el régimen alimenticio adoptado, siendo este el régimen ad libitum, tomándose en cuenta para ello el consumo máximo observado por alpaca y lo que recomienda Ruiz, M. et al. (1990) en relación al suministro y medición del alimento ofrecido en pruebas de digestibilidad. La provisión de alimento durante el período de acostumbramiento y de colección se lo realizó de acuerdo al tratamiento asignado a cada alpaca bajo dos turnos, uno por la mañana a hrs. 8:00 am. y el otro por la tarde a hrs. 5:00 pm.

**i. Recolección de Muestras de Alimento Residual.**

Durante el período de colección, el alimento residual fue recolectado antes de proveerles la ración diaria. Los residuos de alimento de cada animal, así como se recolectaron, se pesaron diariamente y en su totalidad fueron sometidos a secado en un horno a 100°C durante 24 hrs.; actividad realizada con el propósito de obtener el % de MS del alimento residual, siendo que también se obtuvo el % de MS del alimento ofrecido se logro hallar a través de un cálculo el % de MS del alimento consumido por tratamiento. Al final de la prueba, tanto el alimento ofrecido como el alimento residual de cada animal por tratamiento fue acumulado, del mismo se tomaron submuestras que posteriormente fueron finamente molidos, embolsados y debidamente identificados para su respectivo análisis bromatológico.

**j. Recolección de Muestras de Heces y Orina.**

Día antes del inicio de la colección de muestras, se procedió a la instalación de los arneses con sus respectivos dispositivos recolectores de heces y orina en el cuerpo de las alpacas; además se verifico el funcionamiento de las bombas de succión destinadas a la recolección de la orina (bombas utilizadas para lograr una recolección mas eficiente).

Durante la etapa experimental que tuvo por duración 7 días, se procedió a la colección de heces y orina bajo peso (g) y volumen (ml) respectivamente; las heces recolectadas diariamente fueron pesadas en una balanza analítica y sometidas a secado en un horno a 100 °C por espacio de 48 hrs., con el objetivo de obtener el % de MS de las heces recolectadas, de las mismas se tomaron submuestras que posteriormente fueron finamente molidas, embolsadas y apropiadamente identificadas para su respectivo análisis de balance de nitrógeno, en tanto que las muestras de orina se las recolecto y midió el volumen producido diariamente por cada alpaca en una probeta graduada, teniendo en cuenta que para cada recolección el recipiente (Matraz

Erlenmeyer) a ser empleado para dicho efecto debía contener 50 ml. de una solución de HCL al 50%, esto con el motivo de retener el  $\text{NH}_4$  que contiene la orina evitando su evaporación y de esta forma no incurrir en el error de alterar el contenido de nitrógeno en la orina. Dichos volúmenes producidos diariamente fueron acumulados en un recipiente (botellón de plástico), del mismo que al final de la semana (periodo experimental) se extrajeron submuestras en pequeños frascos de plástico debidamente identificados y posteriormente congelados a  $-20^\circ\text{C}$  para su posterior análisis de balance de nitrógeno.

Morrison, F. (1994), señala al respecto que uno de los métodos más comunes para medir el valor nutritivo de las proteínas de una ración consiste en determinar su "valor biológico", esto es, el porcentaje de las proteínas digeridas empleado a la vez para el sostenimiento y el crecimiento. En este experimento, se recogen y analizan cuidadosamente las heces y la orina del animal a fin de determinar la cantidad de proteínas acumuladas en el cuerpo.

#### **k. Recolección de Muestras de Sangre.**

La extracción de sangre a través del catéter que se implanto en cada alpaca, se efectuó el último día del periodo experimental; recolección de sangre que se realizó cada 30 minutos, durante 6 horas, con el propósito de obtener un análisis de sangre en laboratorio más exacto y por ende una cuantificación fidedigna de la concentración de Albúmina, Proteína Total en el Plasma, Creatinina, Ácidos Grasos, Glucosa y Nitrógeno de la Urea en el Plasma Sanguíneo; análisis de laboratorio llevados a cabo en los equipos Genios y Nova, adoptando para ello la misma metodología de colección de sangre, separación y conservación del plasma sanguíneo empleado en la prueba desplegada en corrales.

## **I. Balance de Nitrógeno.**

El Balance de Nitrógeno o prueba de equilibrio se llevo a cabo paralelamente a la prueba de digestibilidad, con la excepción que para esta actividad se recabo mayor información; información que se requirió para la estimación de balance de nitrógeno, tal como afirma Ruiz, M. et al. (1990), cuando manifiesta que la estimación del Balance de Nitrógeno (N) implica la diferencia entre cantidad de N consumido y N eliminado en las heces y orina.

Church, D. et al. (1987), por su lado expresa que el propósito de esta prueba es obtener una medición exacta del consumo y la excreción total, para poder determinar si existe una retención neta (equilibrio positivo) o una pérdida neta (equilibrio negativo) del nutrimento en estudio; es decir, que por medio de la determinación (análisis de laboratorio) del nitrógeno ingerido (nitrógeno consumido de la dieta ofrecida) y del nitrógeno existente en la excreta, obtuvimos una medida cuantitativa del metabolismo y efecto de la proteína, resultado que luego nos mostró la presencia de ganancia o perdida de proteína en el cuerpo de la alpaca.

El proceso de análisis de laboratorio para medir el nivel de nitrógeno consumido (ingestión proteica), fue realizado en el equipo llamado Lico del laboratorio de la Estación Experimental de la Universidad Brigham Young.

## **m. Cálculos para Determinar la Digestibilidad.**

Ruiz, M. et al. (1990), indica que el consumo de alimento en MS o materia orgánica (MO) se calcula por diferencia; es decir, alimento ofrecido menos alimento rechazado.

El porcentaje de digestibilidad (D) de la materia seca del alimento ofrecido, se calcula con la siguiente ecuación:

$$D (\%) = \frac{MS \text{ consumida} - MS \text{ excretada en heces}}{MS \text{ consumida}} \times 100$$

Church, D. et al. (1987), afirma que el consumo del nutriente en MS o materia orgánica (MO) se calcula por diferencia; es decir, nutriente ofrecido en el alimento menos nutriente residual en el alimento rechazado. El porcentaje de digestibilidad (D) de la materia seca del nutriente ofrecido (proteína), se calcula con la siguiente ecuación:

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

## **5. MÉTODO ESTADÍSTICO.**

### **5.1. VARIABLES DE ESTUDIO O RESPUESTA.**

#### **5.1.1. PRUEBAS EN CORRALES.**

##### **a. Peso Vivo.**

El control de peso vivo, fue realizado cada 2 semanas, durante un periodo de 3 meses (duración de prueba); tiempo en el cual se observó la ganancia o pérdida de peso vivo determinada por medio de los pesajes (efecto y respuesta de las alpacas a los tratamientos).

## **b. Peso de los Órganos Internos.**

Para la evaluación del peso de los órganos internos (corazón, riñón, pulmón, hígado, bazo, cerebro y músculo) al final de la investigación, se procedió al faeneo del total de alpacas correspondientes a cada tratamiento más las alpacas (P4) traídas del hábitat de semicautiverio; estos pesos (g) se obtuvieron con el propósito de observar diferencias en el peso de los órganos internos a la aplicación de los tratamientos (niveles de proteína).

## **c. Componentes de la Sangre (Metabolitos).**

Esta variable de estudio, se evaluó a través de la extracción y posterior análisis de sangre en laboratorio; labor que se llevo a cabo cada 2 semanas, por el lapso de duración de la investigación, siendo el único objetivo de esta actividad, medir la concentración de Albúmina, Proteína Total en el Plasma, Creatinina, Ácidos Grasos, Glucosa y Nitrógeno de la Urea en el Plasma Sanguíneo.

### **5.1.2. PRUEBAS EN JAULAS METABÓLICAS.**

#### **a. Componentes de la Sangre (Metabolitos).**

Esta variable de estudio, fue valorada el último día de la prueba, mediante la extracción y posterior análisis de sangre en laboratorio, efectuado cada 30 minutos, durante 6 horas; tarea así planificada con la finalidad de lograr cuantificar de manera más exacta la concentración de Albúmina, Proteína Total en el Plasma, Creatinina, Ácidos Grasos, Glucosa y Nitrógeno de la Urea en el Plasma Sanguíneo.

### **b. Balance de Nitrógeno.**

La evaluación de esta variable de estudio, se efectuó en forma paralela al ensayo de digestibilidad, añadiendo a esta, medidas adicionales exactas de recolección y análisis de laboratorio de heces y orina, información precisa que evaluó el proceso metabólico y el efecto de este nutriente (proteína) en la nutrición de alpacas.

Para este efecto (balance de nitrógeno) se cuantifico a través del análisis de laboratorio la ingestión del nutriente en la dieta y la salida del mismo en la excreta (heces y orina), diferencia observada que sirvió para determinar la demanda proteica y declarar una retención neta (balance positivo) o una perdida neta (balance negativo) del nutriente en estudio (proteína); o lo que es lo mismo, verificar la existencia de ganancia o perdida de proteína en el cuerpo del animal, dando paso de esta forma al cálculo de la cantidad de proteína acumulada en el cuerpo de la alpaca.

### **c. Digestibilidad del Nitrógeno.**

Finalmente, la valoración de esta variable de respuesta, se la realizo en base a los resultados obtenidos durante el análisis bromatológico (análisis de laboratorio) y el balance de nitrógeno; resultados que permitieron a través de una operación matemática calcular la digestibilidad del nitrógeno y por consiguiente la digestibilidad del nutriente en estudio (proteína), digestibilidad expresada en porcentaje (%) que permitió cuantificar y determinar la cantidad de proteína que no fue excretada en las heces y que se supone, por lo tanto, fue absorbido en el cuerpo (organismo) de la alpaca.



## 5.2. MODELO ESTADÍSTICO.

### 5.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.

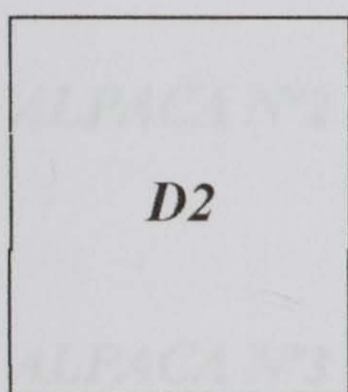
#### 5.2.1.1. PRUEBAS EN CORRALES.

##### a. Peso Vivo (PV) y Peso de los Órganos Internos.

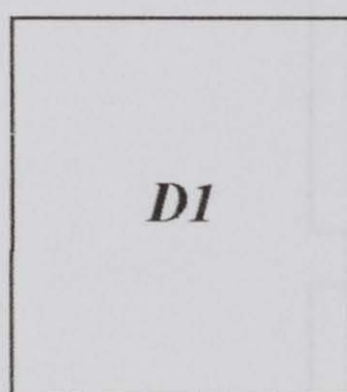
Las presentes variables de estudio, tomaron el modelo lineal de un diseño experimental Completamente al Azar.

##### b. Componentes de la Sangre (Metabolitos).

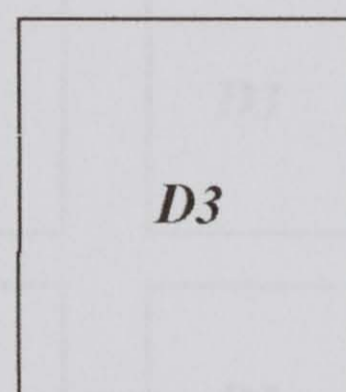
La presente variable de respuesta, tomó el modelo lineal de un diseño experimental Completamente al Azar con arreglo Factorial (3x7).



$D2 = P2$



$D1 = P1$



$D3 = P3$

Donde:

*D1 = Dieta 1*

*P1 = Proteína 1*

*D2 = Dieta 2*

*P2 = Proteína 2*

*D3 = Dieta 3*

*P3 = Proteína 3*

### 5.2.1.2. PRUEBAS EN JAULAS METABÓLICAS.

#### a. Componentes de la Sangre (Metabolitos).

La presente variable de respuesta, tomó el modelo lineal de un diseño experimental Completamente al Azar.

#### b. Balance y Digestibilidad del Nitrógeno.

Las presentes variables de estudio, tomaron el modelo lineal de un diseño experimental Completamente al Azar.

<i>ALPACA N°1</i>	<i>D3</i>	<i>D1</i>	<i>D2</i>
<i>ALPACA N°2</i>	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>
<i>ALPACA N°3</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>D1</i>
<i>ALPACA N°4</i>	<i>D3</i>	<i>D1</i>	<i>D2</i>
<i>ALPACA N°5</i>	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>
<i>ALPACA N°6</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>D1</i>

## 5.2.2. MODELO ESTADÍSTICO.

### 5.2.2.1. PRUEBAS EN CORRALES.

#### a. Peso Vivo (PV) y Peso de los Órganos Internos.

El modelo estadístico para el presente estudio fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$i$  = 1, 2 y 3 dietas

$j$  = 1, 2 y 3 grupos de alpacas

$Y_{ij}$  = Valor del Peso Vivo y Peso de los Órganos Internos observado en el  $j$ -ésimo grupo de alpacas afectado por la  $i$ -ésima dieta

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto fijo de la  $i$ -ésima dieta

$\epsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio de los residuales

$\epsilon_{ij} \sim \text{NIID}(0, \sigma^2 e)$

#### b. Componentes de la Sangre (Metabolitos).

El modelo estadístico para la presente prueba fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$i$  = 1, 2 y 3 dietas

$j$  = 0, 14, 28, 42, 56, 70 y 84 días de evaluación

$k$  = 1, 2 y 3 grupos de alpacas

$Y_{ijk}$  = Valor de los Componentes de la Sangre observado en el  $k$ -ésimo grupo de alpacas al  $j$ -ésimo día de evaluación afectado por la  $i$ -ésima dieta

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto fijo de la  $i$ -ésima dieta

$\beta_j$  = Efecto fijo del  $j$ -ésimo día de evaluación

$\gamma_{ij}$  = Efecto fijo de la interacción entre la  $i$ -ésima dieta y el  $j$ -ésimo día de evaluación

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto aleatorio de los residuales

$$\epsilon_{ijk} \sim \text{NIID} (0, \sigma^2 e)$$

#### 5.2.2.2. PRUEBAS EN JAULAS METABÓLICAS.

##### a. Componentes de la Sangre (Metabolitos).

El modelo estadístico para el presente estudio fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$i$  = 1, 2 y 3 dietas

$j$  = 1, 2, 3, 4, 5 y 6 alpacas

$Y_{ij}$  = Valor de los Componentes de la Sangre observado en la  $j$ -ésima alpaca afectado por la  $i$ -ésima dieta

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto fijo de la  $i$ -ésima dieta

$\epsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio de los residuales

$$\epsilon_{ij} \sim \text{NIID} (0, \sigma^2 e)$$

## b. Balance y Digestibilidad del Nitrógeno.

El modelo estadístico para la presente prueba fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$i$  = 1, 2 y 3 dietas

$j$  = 1, 2, 3, 4, 5 y 6 alpacas

$Y_{ij}$  = Valor del Balance y Digestibilidad del Nitrógeno observado en la  $j$ -ésima alpaca afectado por la  $i$ -ésima dieta

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto fijo de la  $i$ -ésima dieta

$\epsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio de los residuales

$\epsilon_{ij} \sim \text{NIID}(0, \sigma^2 e)$

El modelo estadístico empleado para la interpretación de las variables de estudio o respuesta en el presente trabajo de investigación, corresponden al procedimiento GLM (General Linear Models) y Mixed del programa SAS (Statistical Analysis System) versión 6.11; mientras que para la distribución y comparación de medias se utilizó la prueba LSM (Least Squares Means) basado en la prueba de distribución de  $t$  de Student a un nivel de confianza o significancia de 0.05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. PRUEBAS EVALUADAS EN CORRALES.

#### 1.1. CONSUMO DE ALIMENTO (MS).

**Cuadro 4. Análisis de varianza para el Consumo de Alimento en Materia Seca (MS) por semana.**

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	2	116,735	58,368	5,650 **	0,011
<b>Semana</b>	10	362,533	36,253	3,510 **	0,008
<b>Error</b>	20	206,530	10,327		
<b>Total</b>	32	685,798			

\*\* *Altamente significativo*

*CV* = 4.59%

*Media* = 70 kg.

Según el cuadro 4 del análisis de varianza, para el consumo de alimento (MS) por semana; podemos ver que existe diferencia estadística ( $Pr < 0.05$ ) y ( $Pr < 0.01$ ) entre dietas y entre semanas de evaluación, lo que significa que el comportamiento de los niveles de proteína aplicados, mostraron discrepancia entre si en relación al consumo de alimento (MS) por semana, siendo que observamos también un promedio en los tratamientos de 70 kg. y un coeficiente de variación que nos muestra una dispersión de 4.59%.

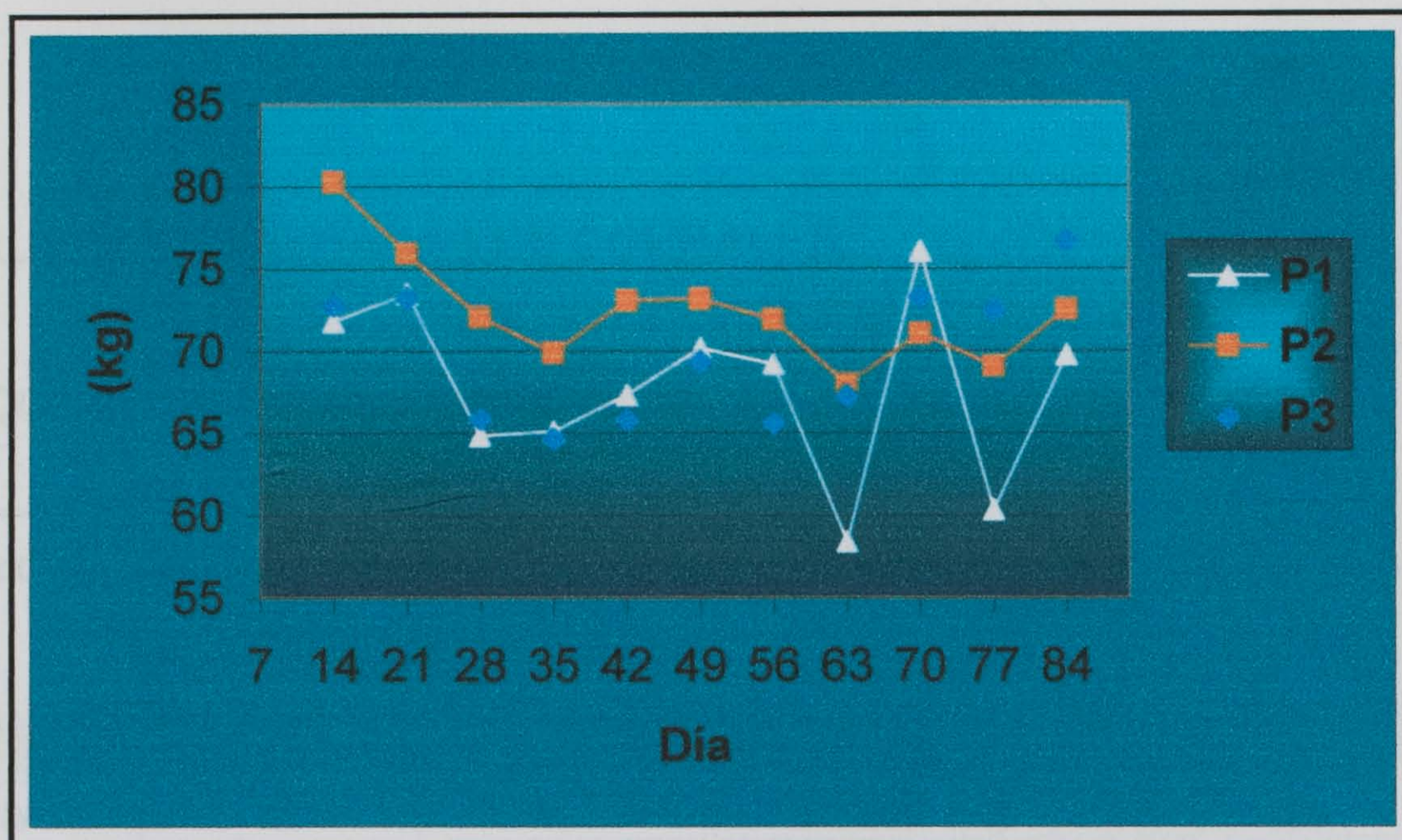


Fig. 2. Consumo de alimento (MS) por semana.

Según la figura 2 y el anexo 3, podemos advertir que al suministro de la dieta 1, el consumo de alimento (MS) fue regular (decremento e incremento) hasta el día 56, siendo que de allí en adelante continuó el descenso y ascenso pero de manera marcada, llegando al día 84 con un consumo de alimento relativamente menor en comparación al inicio de la investigación, revelando un promedio de 67.85 kg. de MS consumida por semana, representando ello un consumo de alimento en MS por día de 9.69 kg/tratamiento (0.97 kg. MS/alpaca). En tanto que el comportamiento de la dieta 2 y 3 fue casi similar, pues estas dietas mostraron un decremento e incremento de consumo de alimento en MS gradual durante el tiempo que duro la evaluación, pero quien mostró mejor actitud fue la dieta 3, ya que al final de la evaluación se observó un incremento en el consumo de alimento con respecto al inicio del estudio, reportando un promedio de 69.73 kg. de MS consumida por semana, lo que significó un consumo de alimento en MS por día de 9.96 kg/tratamiento (1 kg. MS/animal), mientras que a la administración de la dieta 2, al final de la investigación existió un decremento abrupto en el consumo de alimento en relación al inicio de la prueba, siendo el promedio de consumo de alimento en

MS por semana de 72.44 kg., deduciéndose a partir de ello que el consumo de alimento en MS por día fue de 10.34 kg/tratamiento (1.03 kg. MS/alpaca).

En función al análisis estadístico debemos decir que el consumo de alimento (MS) no es proporcional al % de proteína en la dieta, es decir que no se observa un aumento en la ingestión de MS conforme aumenta el nivel de proteína en la dieta, ya que el consumo de MS por semana fue de 67.85 kg., 72.44 kg., y 69.73 kg. para la dieta 1, 2 y 3 respectivamente, siendo la diferencia estadística, altamente significativa entre las dietas 2 - 1 y no significativa entre las dietas 3 - 1 y 3 - 2, conforme se muestra en los anexos 4 y 5.

Con respecto a los resultados obtenidos, concretamente de la discrepancia existente en la conducta de los niveles de proteína, no se puede argumentar nada con precisión, ya que se ignora a que se debieron específicamente, de manera que se caería en un error atribuir los resultados aun determinado factor, siendo que el consumo de MS a la aplicación de los niveles de proteína fue normal, así como lo indica Bustinza, A. (2001), quien dice que en condiciones de estabulación y alimentados con pastos cultivados y forrajes, se ha estimado que el consumo de la alpaca, es de 1.8% de su peso vivo.

## **1.2. PESO VIVO (PV).**

La prueba de análisis de varianza de los anexos 7, 8, 9 y 10, evidencian que la diferencia de peso vivo entre alpacas sometidas a la aplicación de los tratamientos (niveles de proteína) son mínimas, insignificantes estadísticamente, de manera que existe homogeneidad estadística, es decir, no se encontraron diferencias estadísticas en referencia a la variable peso vivo al suministro de los tratamientos durante el desarrollo de la prueba (inicio al final del experimento), lo cual indica que el comportamiento de las dietas en estudio (niveles de proteína) influyeron de manera similar sobre el PV a lo largo de la



investigación. En alusión a esta variable de estudio, es necesario mencionar que los promedios encontrados a la conclusión del estudio, manifiestan pesos vivos numéricamente inferior para la dieta 1 (51.10 kg.), pero ampliamente superiores para la dieta 2 (59.35 kg.) y dieta 3 (59.10 kg.) con respecto a los pesos vivos obtenidos por Garnica, J. (1973), quien determinó 55.02 kg. y Soliz, E. (1996), quien obtuvo 52.55 kg., autores que trabajaron con alpacas macho de 4 años de edad; así mismo Bustinza, V. et al. (1993), citado por Soliz, E. (1993), halló 57.10 kg. de peso vivo pero en alpacas macho de 1 a 4 años de edad y Calderón, W. et al. (1972), encontró por su lado un peso vivo mayor de aproximadamente 60 kg. a los 4 años de edad, sin cambios apreciables en etapas posteriores, en tanto que Ccopa, A. (1974), consiguió 38.6 kg., 41.5 kg., 51.9 kg. y 51.1 kg. de peso vivo en alpacas macho de 2, 3, 4 y 5 años de edad respectivamente; por lo ya manifestado queda demostrado que las dietas administradas (niveles de proteína) en el presente estudio, influyeron positivamente en el incremento de peso vivo, siendo que además las alpacas con las que se trabajó fueron de entre 2 a 5 años de edad.

Si bien en los cuadros ANOVA, para el peso vivo en los días de evaluación (anexos 7 y 8), se observa que no existe significancia estadística a la aplicación de los niveles de proteína, es necesario mencionar que matemáticamente si existe significancia o diferencia entre los tratamientos, reflejo de ello la figura que a continuación se muestra en detalle.

Es así que a la finalización de la investigación, el tratamiento (nivel de proteína) aplicado que mayor ganancia de peso vivo exhibió fue la dieta 2 con 4.50 kg. seguido de la dieta 1 con 3.55 kg. y finalmente la dieta 3 con 3.45 kg.

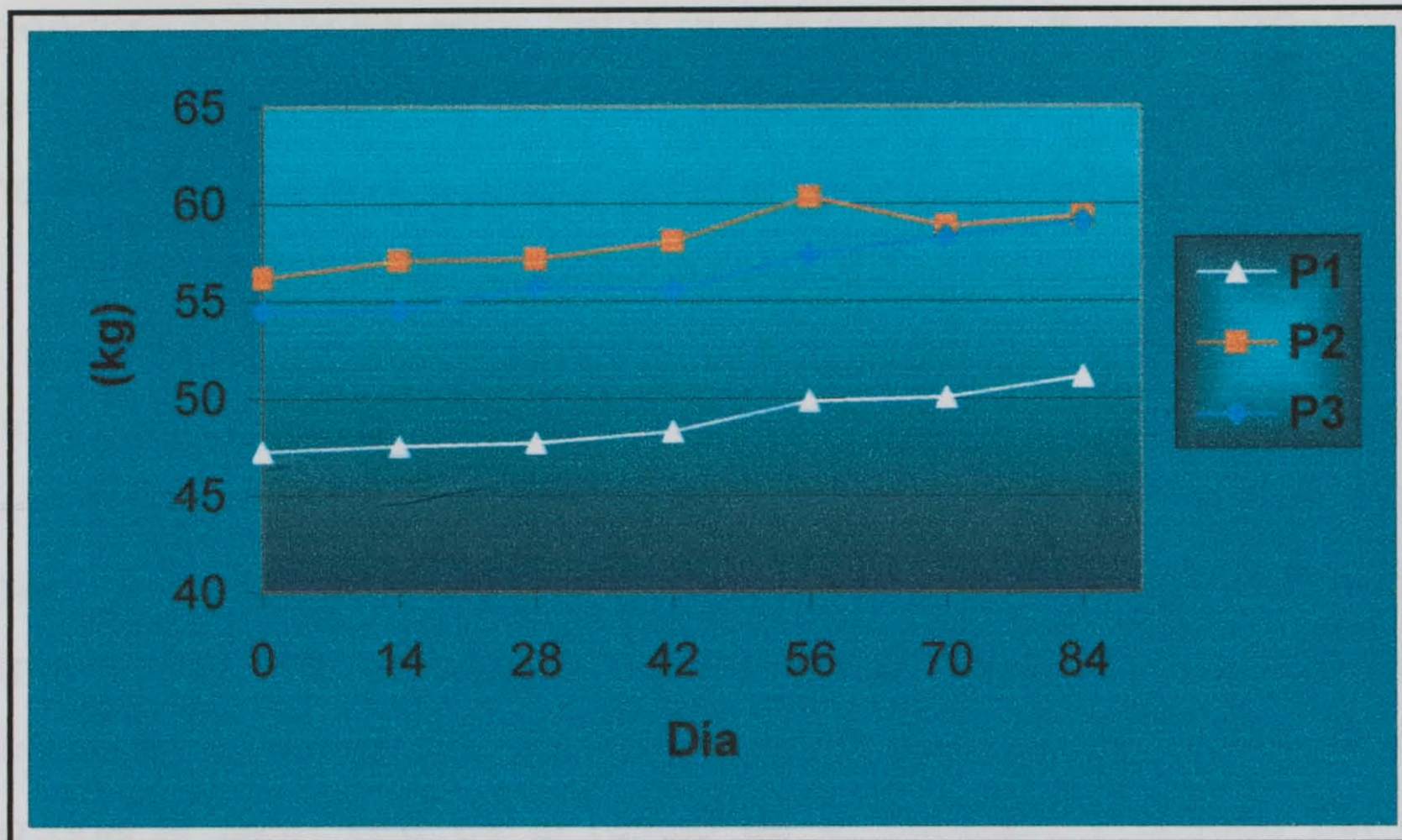


Fig. 3. Peso vivo (PV).

Según la figura 3, elaborada en base a los promedios de peso vivo reportados a lo largo de la evaluación (anexo 6), podemos ver que al suministro de la dieta 2 (11.1% PC), el peso vivo en las alpacas va incrementándose al paso de los días, mostrando su máxima expresión al día 56 y llegando a disminuir ligeramente hacia el final de la evaluación (día 84), mientras que a la administración de la dieta 3 (14.8% PC), se observa una ligera diferencia matemática en relación a la conducta de la dieta 2, ya que el peso vivo se incrementa paulatinamente con el transcurso de los días, proyectando su mayor expresión de peso vivo al día 84 (fin de la prueba), en cuanto a la dieta 1 (8.8% PC), se ve que su efecto mostró similar comportamiento con respecto al anterior tratamiento (dieta 2) durante el transcurso de la investigación, siendo que el peso vivo fue incrementándose regularmente al correr de los días, advirtiéndose al final de la evaluación un peso vivo superior al observado al inicio de la prueba.

Es así que a la finalización de la investigación, el tratamiento (nivel de proteína) aplicado que mayor ganancia de peso vivo exhibió fue la dieta 3 con 4.60 kg., seguido de la dieta 1 con 3.85 kg. y finalmente la dieta 2 reportó una

ganancia inferior de peso vivo de 3.15 kg. al final del ensayo (día 84), deduciéndose a partir de estos datos que la ganancia de peso vivo (PV) por día fue de 45.83 g., 37.50 g. y 54.76 g. para la dieta, 1, 2 y 3 respectivamente, ganancia de PV que no fue proporcional al nivel de proteína en la dieta.

De los resultados alcanzados estadísticamente en relación a la variable peso vivo en alpacas, no se puede argüir nada con exactitud, ya que se ignoran los factores que pudieron ser causa de la ilógica similitud en la conducta de los tratamientos, pues habiéndose hallado discrepancia estadística en el consumo de alimento en MS, era lógico esperar de la misma forma una diferencia estadística en la variable peso vivo al suministro de los niveles de proteína, siendo que el peso vivo es el reflejo de la cantidad y calidad del alimento consumido (MS), pero como se puede ver, ello es más teórico que práctico para animales de esta especie, demostrándose de esta manera que existen otros factores posiblemente más importantes, los cuales tienen mucho que ver con la ganancia o pérdida de peso vivo, pudiéndose mencionar entre estos posibles factores, al factor climático (alta temperatura durante el trabajo de campo) que bien pudo afectar el destino de la proteína de la dieta en el organismo de la alpaca (excreción), es decir utilizando la proteína consumida para su mantención y no así para el incremento de su peso corporal (desarrollo de la masa muscular), tal cual señala Church, D. et al. (1987), quien dice que para un balance de nitrógeno más exacto, además de las heces y orina (fuente importante de excreción) se recolectarían también el pelo corporal (o la lana o las plumas), la caspa que proviene del cuerpo y, posiblemente, cualquier sustancia que se elimine por la piel, como sudor; argumento que se apoya en la afirmación de Morrison, F. (1994), quien indica que casi todo el desecho nitrogenado, resultante de la descomposición de las proteínas en el organismo, se elimina en la orina, aunque también se desprende una pequeña parte en el sudor y en las heces.

Asimismo, los resultados logrados posiblemente se deban a lo que señala Garnica, J. (1973), cuando asevera que de manera general, el peso vivo de las alpacas se estabiliza a los cuatro años de edad, conforme manifestó Calderón, W. et al. (1972), siendo la mayor ganancia del peso vivo del año a los dos años, en cambio la ganancia de peso vivo de los dos años a los cuatro años, es más lento y equivalente a lo ganado entre el año y los dos años, ya que los primeros años de vida de la alpaca corresponden esencialmente al desarrollo corporal y el mayor peso en los siguientes años corresponde a la complementación del desarrollo corporal, desarrollo de la masa muscular y la acumulación de grasa (comportamiento fisiológico que se traduce en la curva de crecimiento).

### **1.3. PESO DE LOS ÓRGANOS INTERNOS.**

Los resultados que se observan en las figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, en referencia al peso de los órganos internos estudiados al faeneo (corazón, hígado, pulmón, riñón, bazo, cerebro y músculo) y el peso de los órganos internos con respecto al peso corporal al faeneo expresado en (%), nos muestra que las diferencias son mínimas entre las dietas, matemáticamente representativas pero estadísticamente no significativas ( $Pr < 0.05$ ) y ( $Pr < 0.01$ ), lo que quiere decir que los niveles de proteína comparados tuvieron el mismo comportamiento en relación al peso de los órganos internos al faeneo y el peso de los órganos internos con respecto al peso corporal al faeneo expresado en (%), tal y como se muestra en los cuadros de análisis de varianza de los anexos 13 - 26, elaborados en función a los resultados observados (faeneo) al final de la prueba (anexos 11 y 12).

Debido a que no existe datos bibliográficos que hablen sobre el peso de los órganos internos estudiado en alpacas por otros autores, no se puede realizar ninguna comparación y mucho menos discusión alguna; pero sin embargo es necesario manifestar que los datos obtenidos posiblemente se deban a factores ya argumentados en el análisis realizado en la variable de

estudio incremento de peso vivo, por tanto no habiéndose encontrado diferencias estadísticas en el incremento de peso vivo, se cree que por las mismas razones tampoco se logró hallar diferencias estadísticas en el incremento de peso de los órganos internos.

a. Corazón.

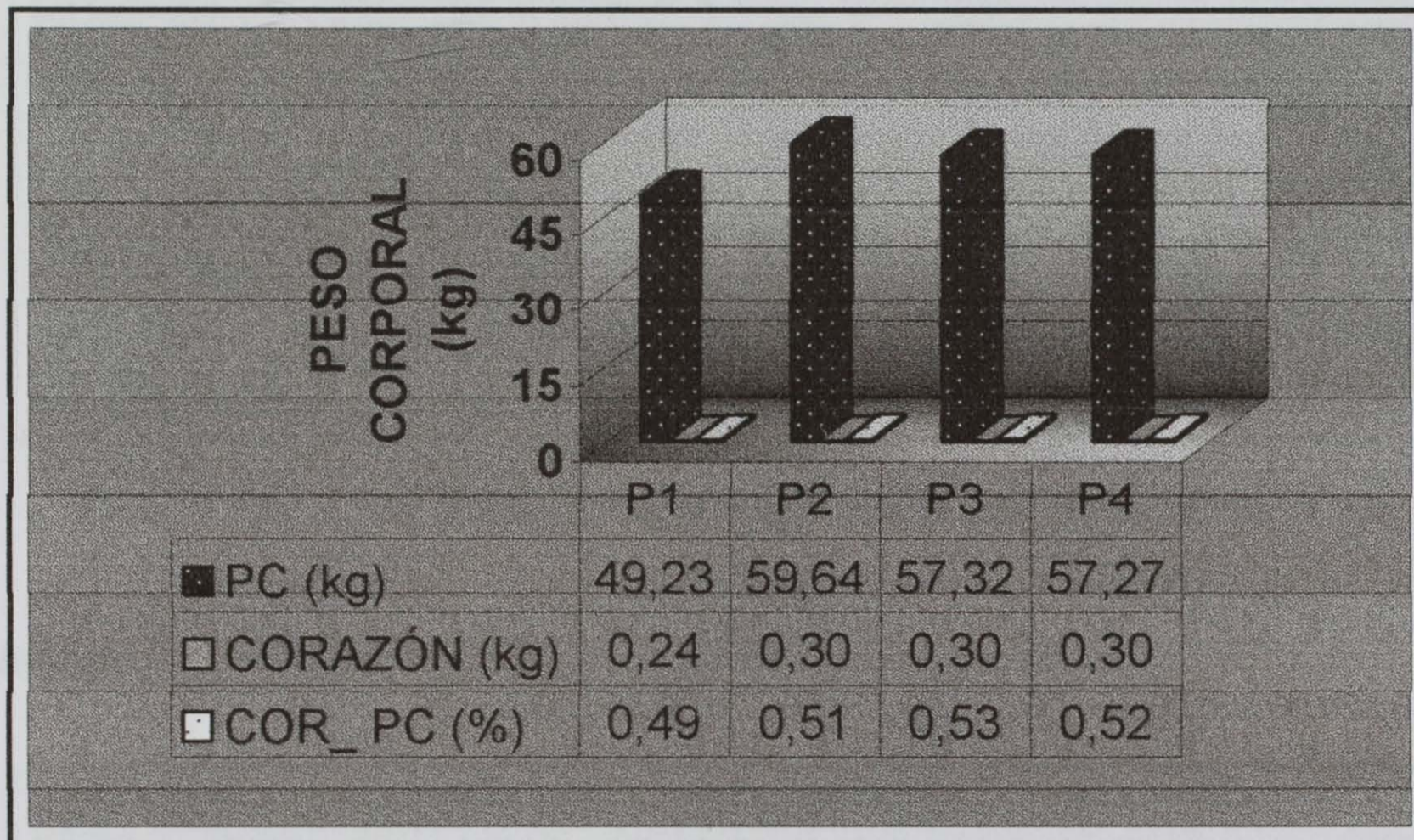


Fig. 4. Peso del corazón con respecto al peso corporal (%).

Fig. 5. Peso del pulmón con respecto al peso corporal (%).

b. Hígado.

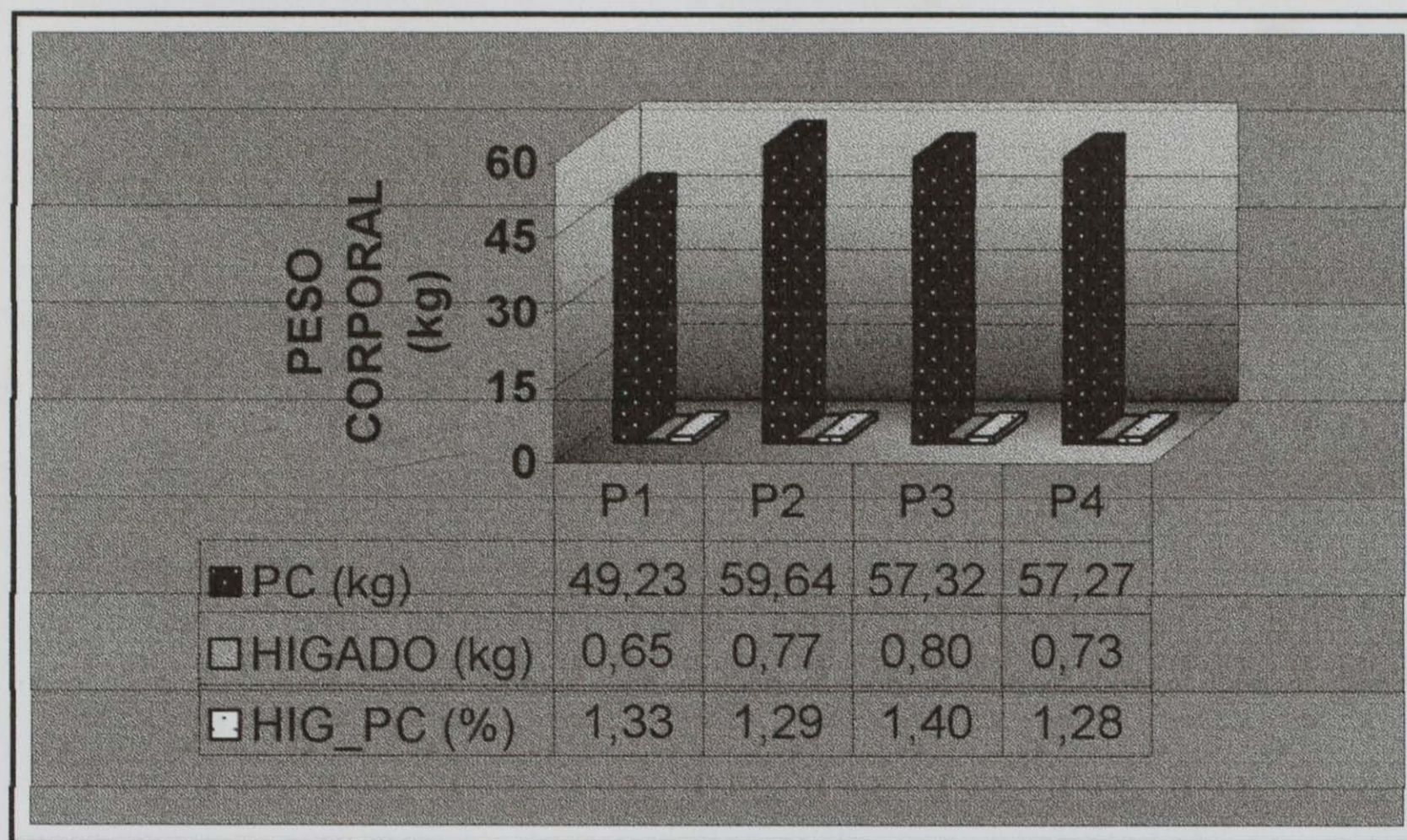


Fig. 5. Peso del hígado con respecto al peso corporal (%).

c. Pulmón.

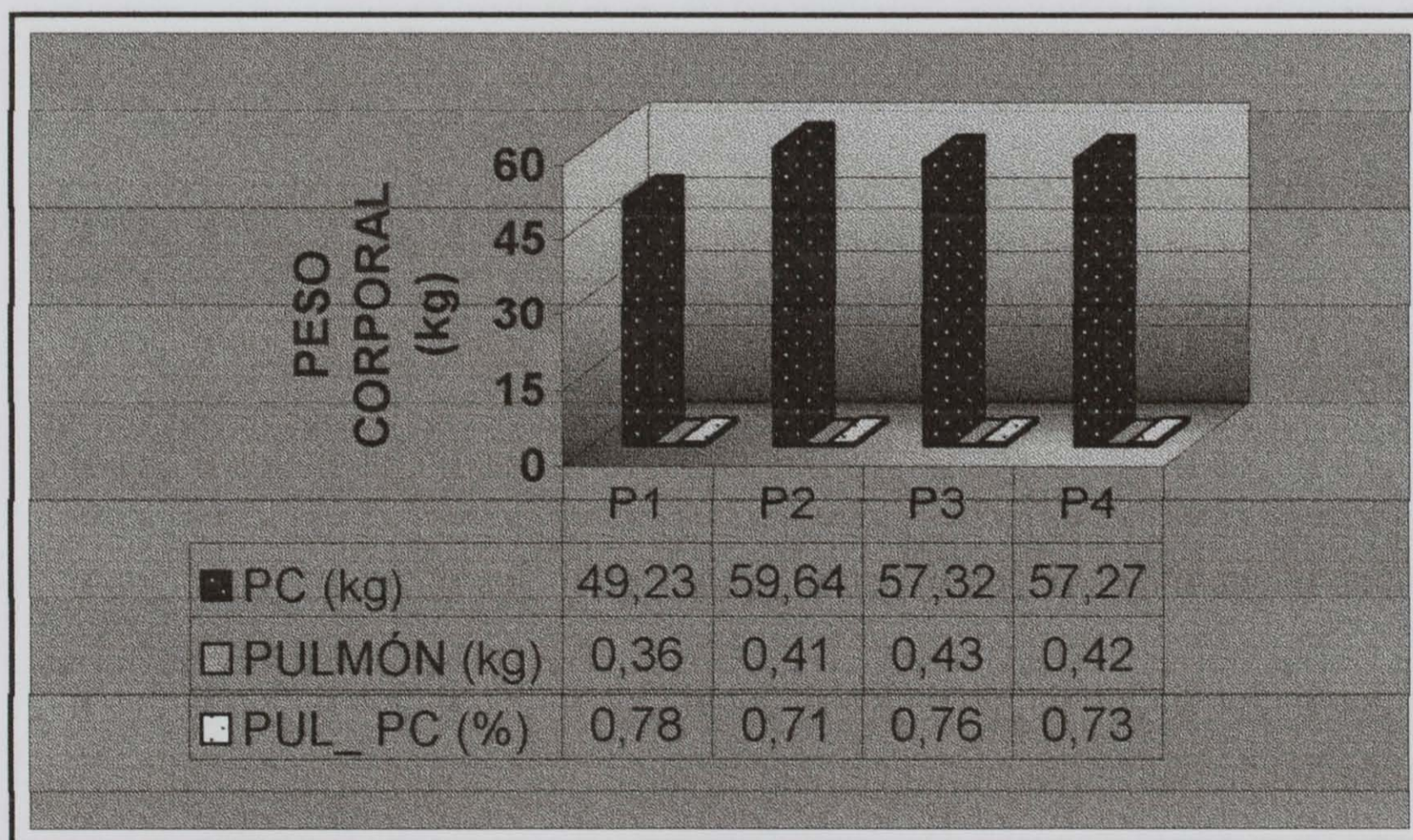


Fig. 6. Peso del pulmón con respecto al peso corporal (%).

d. Riñón.

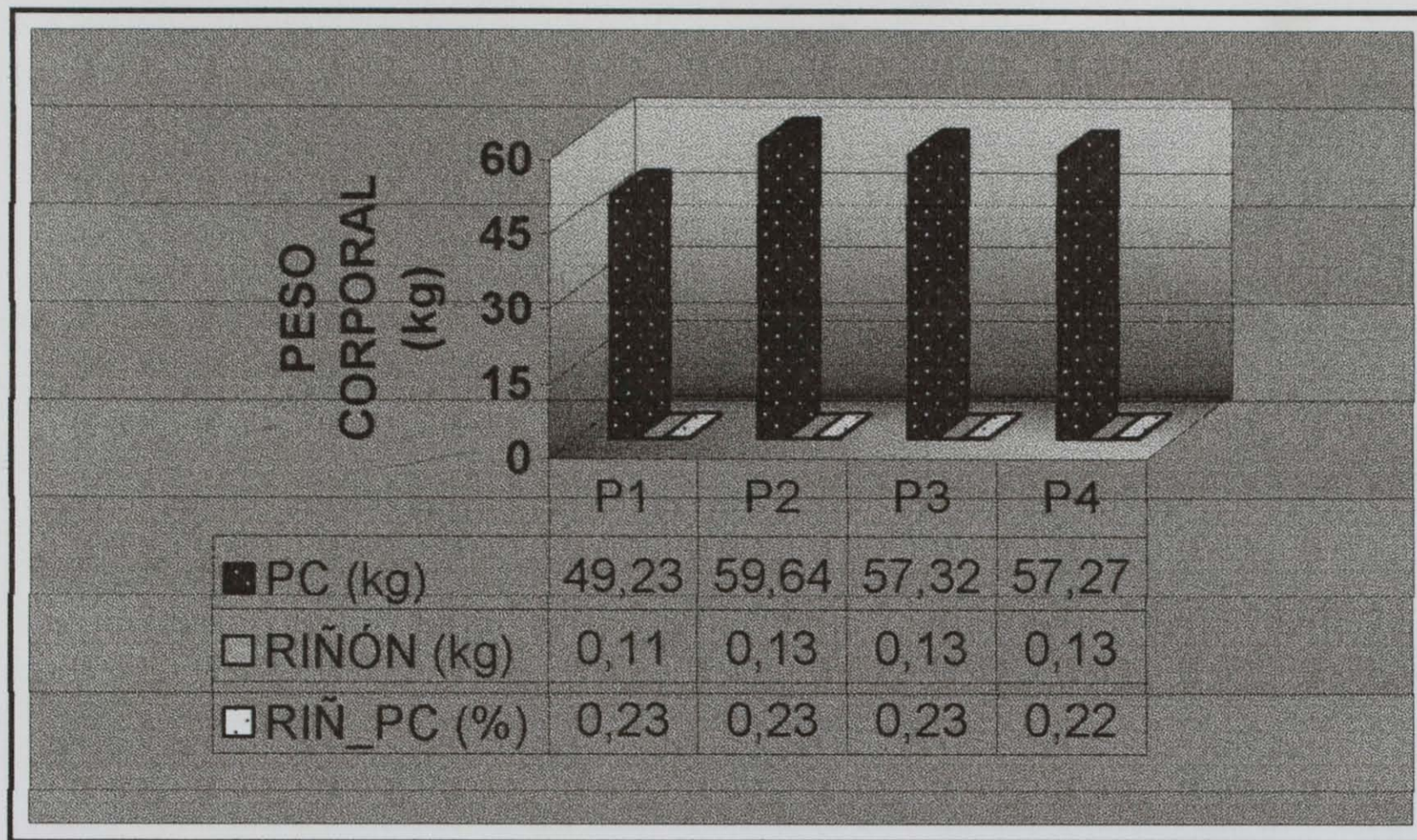


Fig. 7. Peso del riñón con respecto al peso corporal (%).

e. Bazo.

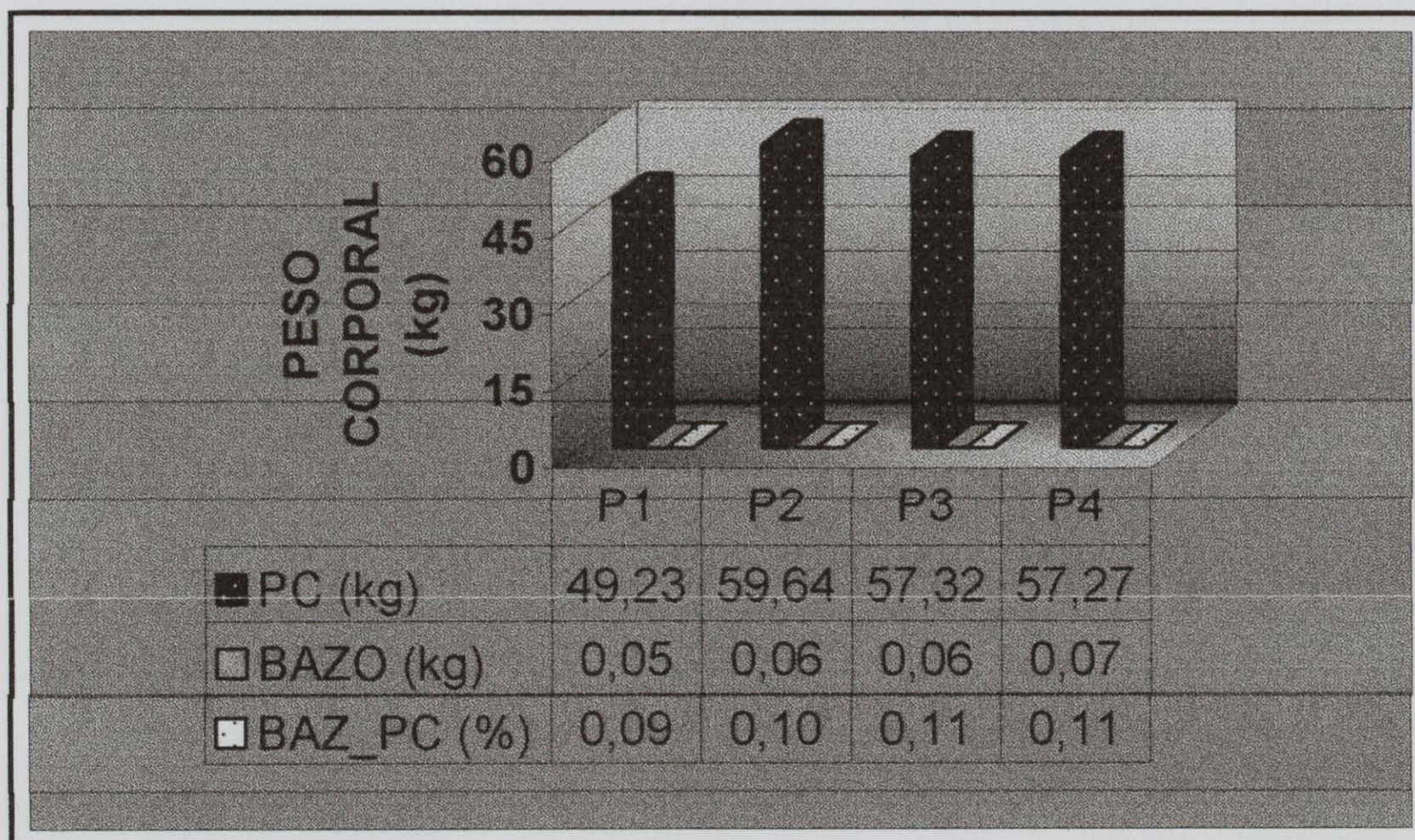


Fig. 8. Peso del bazo con respecto al peso corporal (%).

f. Cerebro.

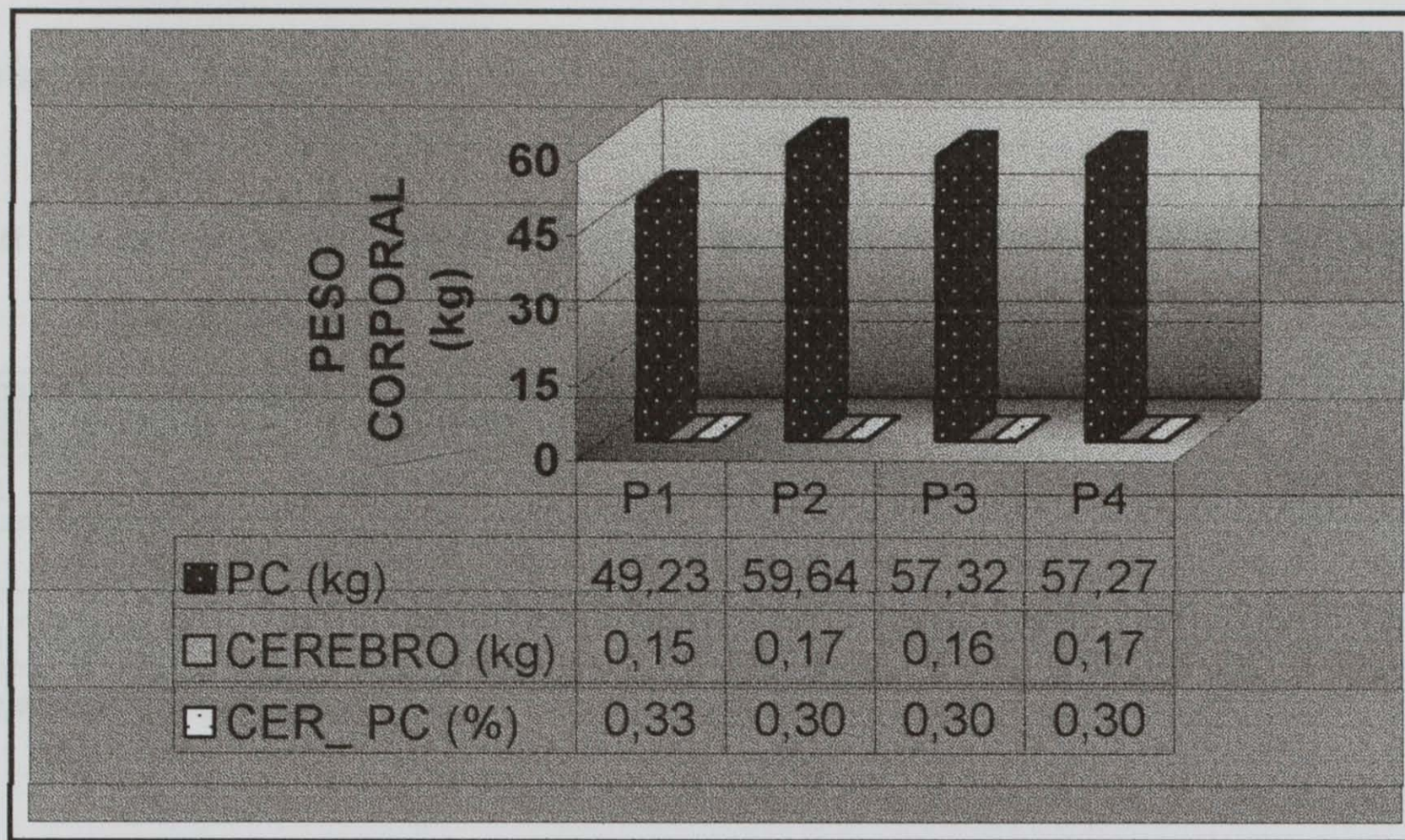


Fig. 9. Peso del cerebro con respecto al peso corporal (%).

g. Músculo.

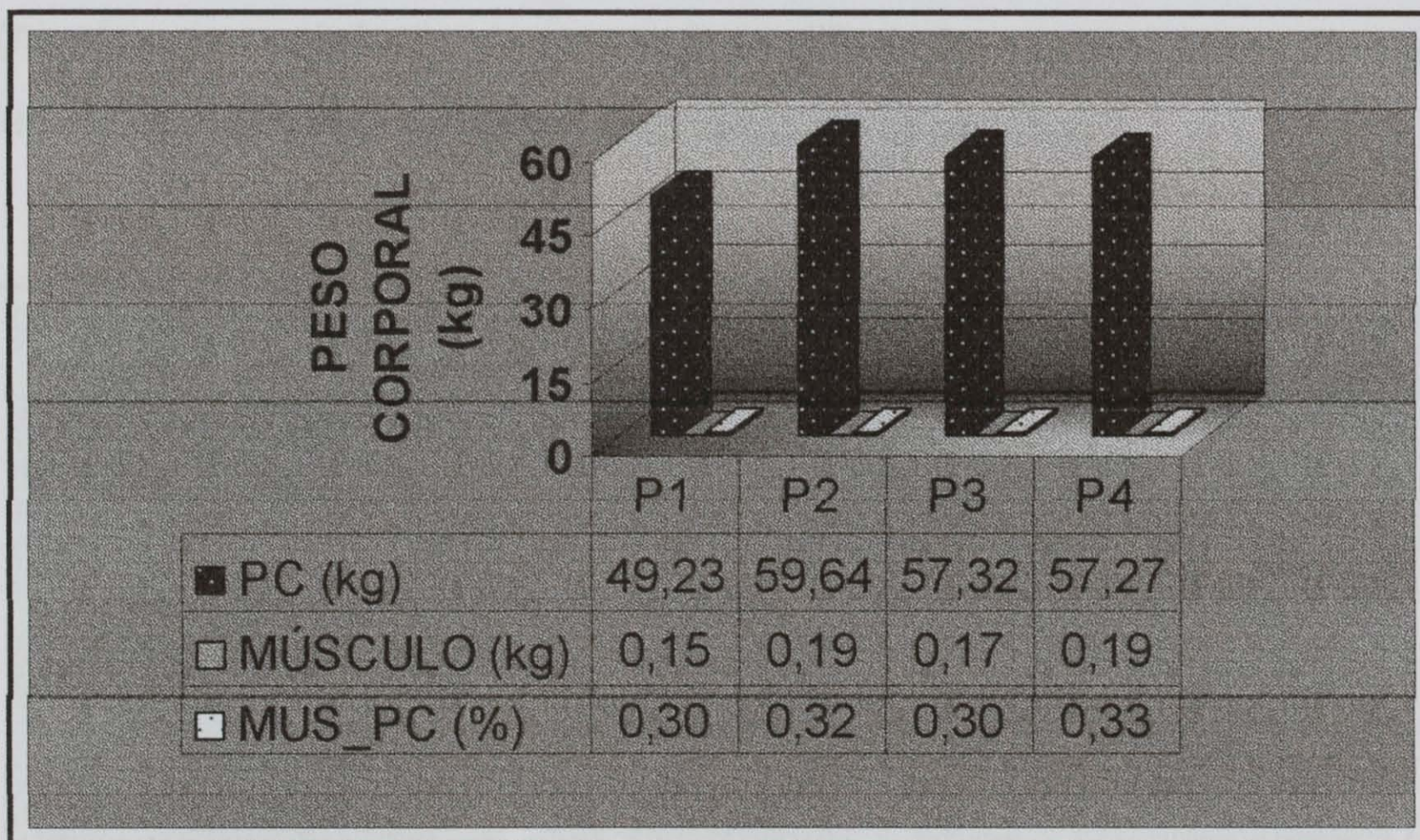


Fig. 10. Peso del músculo con respecto al peso corporal (%).



## 1.4. COMPONENTES DE LA SANGRE (Metabolitos).

## a. Albúmina.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la concentración de Albúmina en la sangre.

FUENTE	Valor F	Pr > F
Dieta	13,36 **	0,0001
Días	10,28 **	< 0,0001
Dieta * Días	2,63 **	0,0032

\*\* Altamente significativo

Según el análisis de varianza (cuadro 5), para la concentración de albúmina en la sangre; se observa que existen diferencias estadísticas ( $Pr < 0.05$ ) y ( $Pr < 0.01$ ) entre dietas, entre días y la interacción dieta con días, lo que significa que la concentración de albúmina en la sangre a la provisión de las dietas (niveles de proteína), se expresó de diferente manera entre dietas, entre días y la interacción dieta con días a lo largo de la prueba.

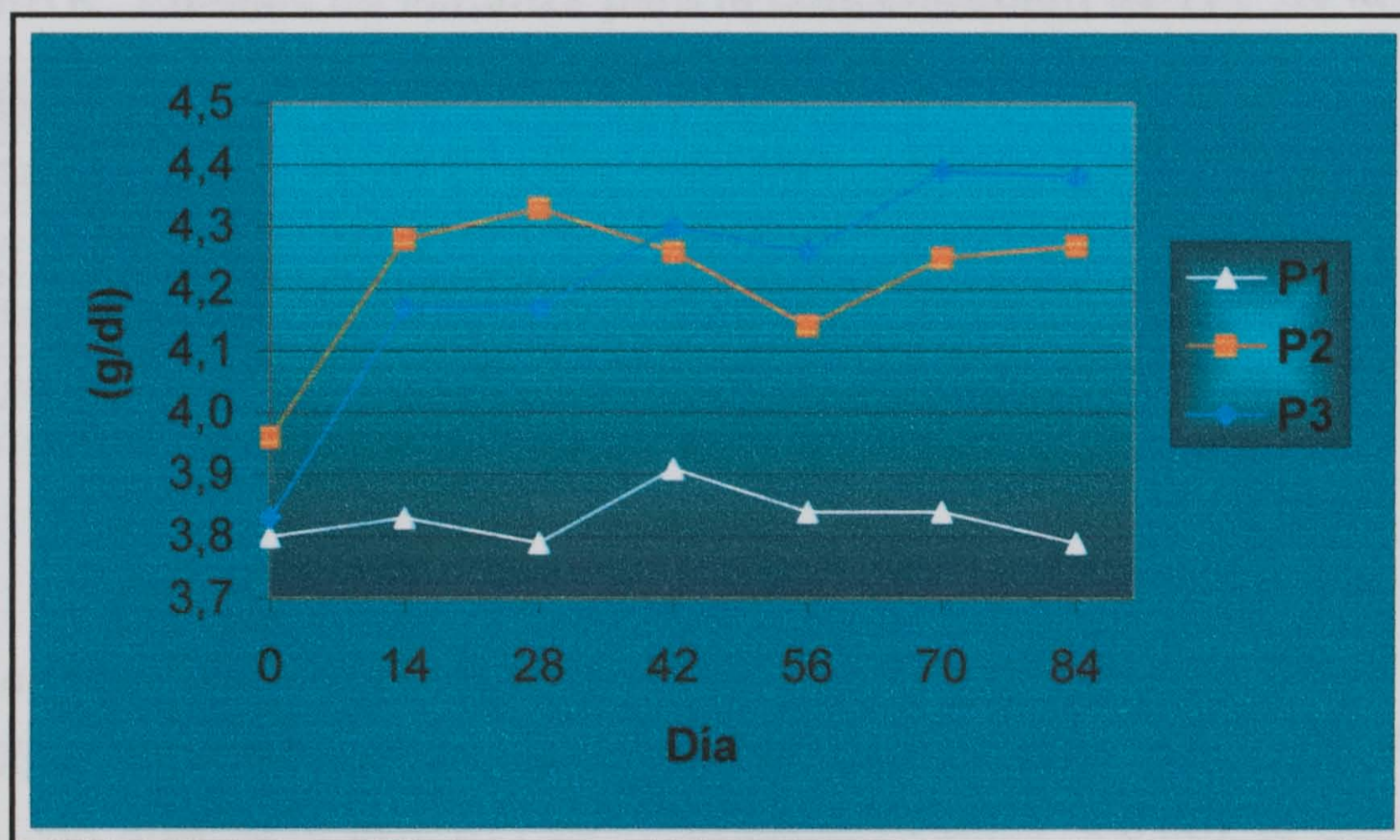


Fig. 11. Concentración de albúmina en la sangre.

Según la figura 11 y el cuadro 5 del análisis de varianza; podemos ver que la conducta de las dietas (niveles de proteína) en relación a la concentración de albúmina en la sangre durante el transcurso de la evaluación, fue estadísticamente distinta, actitud que reportó promedios de 3.83 g/dl., 4.21 g/dl. y 4.21 g/dl. de este metabolito en la sangre al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente (anexos 28 y 29). Al suministro de la dieta 3, el incremento fue paulatino hacia el final del experimento, obteniéndose un mayor incremento con relación a las otras dietas de 0.55 g/dl. de albúmina en la sangre, aunque existió un único decremento leve al día 56 con respecto al día 42, mientras que a la aplicación de la dieta 2, el incremento en la concentración de este metabolito en la sangre fue de 0.31 g/dl. al final del ensayo, aumento que se obtuvo aun habiendo reportado un decremento abrupto al día 56, en cuanto a la administración de la dieta 1, se observa entre ascensos y descensos paulatinos a lo largo de la prueba un decremento insignificante de 0.01 g/dl., por lo que se podría decir que se mantuvo la concentración de albúmina en la sangre desde un inicio hasta el final del estudio.

#### b. Proteína Total en el Plasma Sanguíneo (TPP).

**Cuadro 6. Análisis de varianza para la concentración de TPP de la sangre.**

FUENTE	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	16,48 **	< 0,0001
<b>Días</b>	10,01 **	< 0,0001
<b>Dieta * Días</b>	2,13 *	0,0181

\* *Significativo*

\*\* *Altamente significativo*

El análisis de varianza del cuadro 6, para la concentración de proteína total en el plasma de la sangre; muestra que existen diferencias estadísticas ( $Pr < 0.05$ ) y ( $Pr < 0.01$ ) entre dietas y entre días, mientras que en la interacción dieta con días, solo exhibió diferencia estadística ( $Pr < 0.05$ ), lo que muestra que la concentración de este metabolito en la sangre al suministro de las dietas,

se manifestó de forma distinta entre dietas y entre días, en tanto que en la interacción dieta con días, tan solo uno de los tratamientos proyecta un comportamiento distinto en relación a la concentración de proteína total en la sangre durante el estudio.

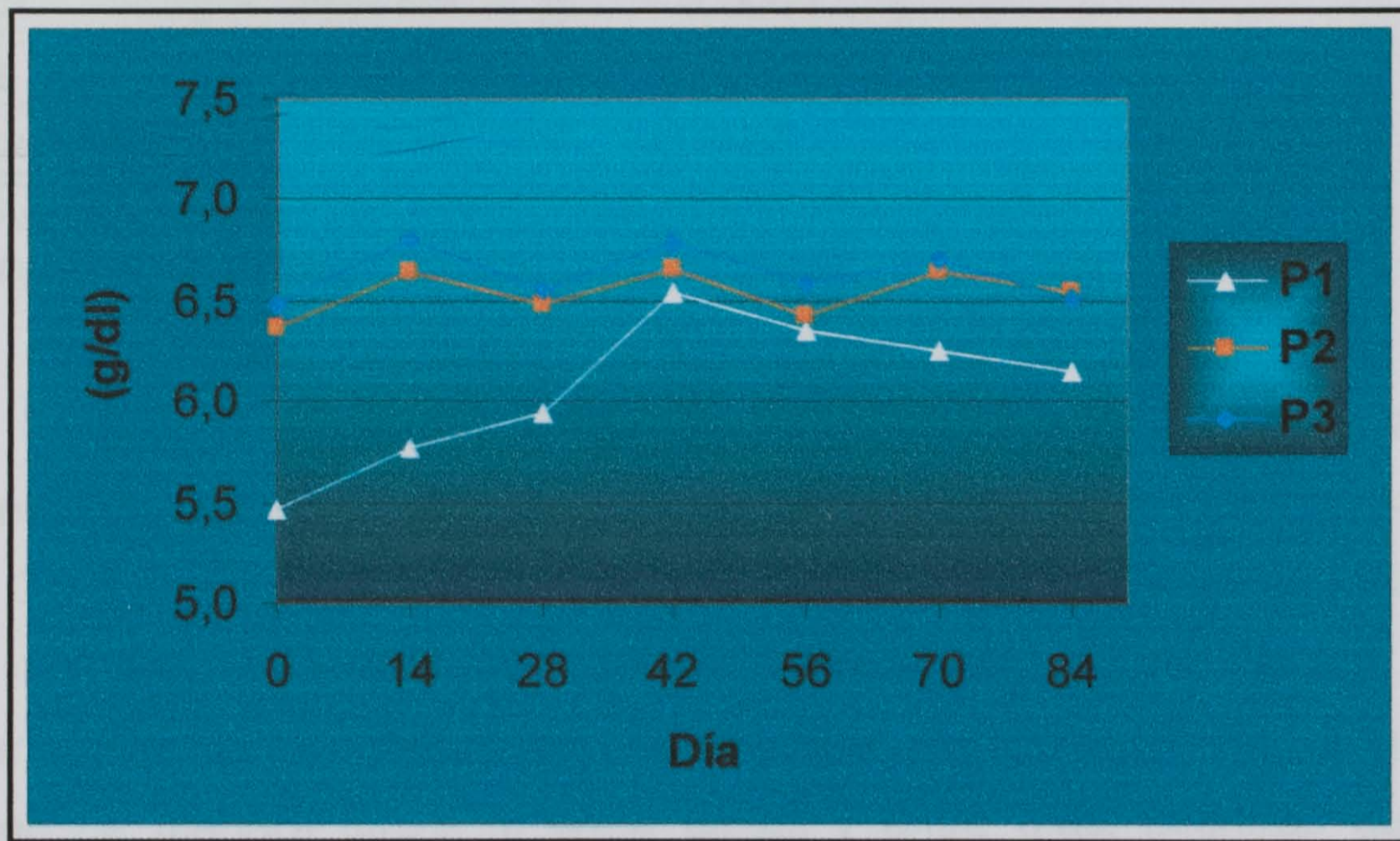


Fig. 12. Concentración de TPP en la sangre.

Según la figura 12 y el ANVA del cuadro 6; podemos advertir que el comportamiento de las dietas (niveles de proteína) en referencia a la concentración de proteína total en el plasma de la sangre durante el transcurso de la evaluación, fue estadísticamente diferente, conducta que reveló promedios de 6.07 g/dl. (dieta 1), 6.54 g/dl. (dieta 2) y 6.63 g/dl. (dieta 3) de este metabolito en la sangre (anexos 28 y 29). En presencia de ascensos y descensos leves a lo largo de la prueba, al final del experimento las dietas 2 y 3 presentaron incrementos leves de 0.16 g/dl. para la dieta 2 y 0.04 g/dl. para la dieta 3, por lo que se podría decir que hacia el final del ensayo se mantuvo la concentración de proteína total en la sangre a la administración de estas dos dietas, mientras que a la aplicación de la dieta 1, se obtuvo un incremento mayor de 0.68 g/dl. de proteína total en la sangre, tomando en cuenta que al día 42 se observó aun mayor incremento.

## c. Creatinina.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la concentración de Creatinina en la sangre.

FUENTE	Valor F	Pr > F
Dieta	25,71 **	< 0,0001
Días	2,93 **	0,0098
Dieta * Días	1,06 ns	0,3952

ns No significativo

\*\* Altamente significativo

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 7), para la concentración de creatinina en la sangre; se ve que existen diferencias estadísticas ( $Pr < 0.05$ ) y ( $Pr < 0.01$ ) entre dietas y entre días, mientras que en la interacción dieta con días, no se presentaron diferencias estadísticas, lo que indica que la concentración de este metabolito en la sangre a la aplicación de las dietas, se expresó de manera diferente entre dietas y entre días, mientras que en la interacción dieta con días, el comportamiento de los niveles de proteína fue similar en cuanto a la concentración de creatinina en la sangre durante el ensayo.

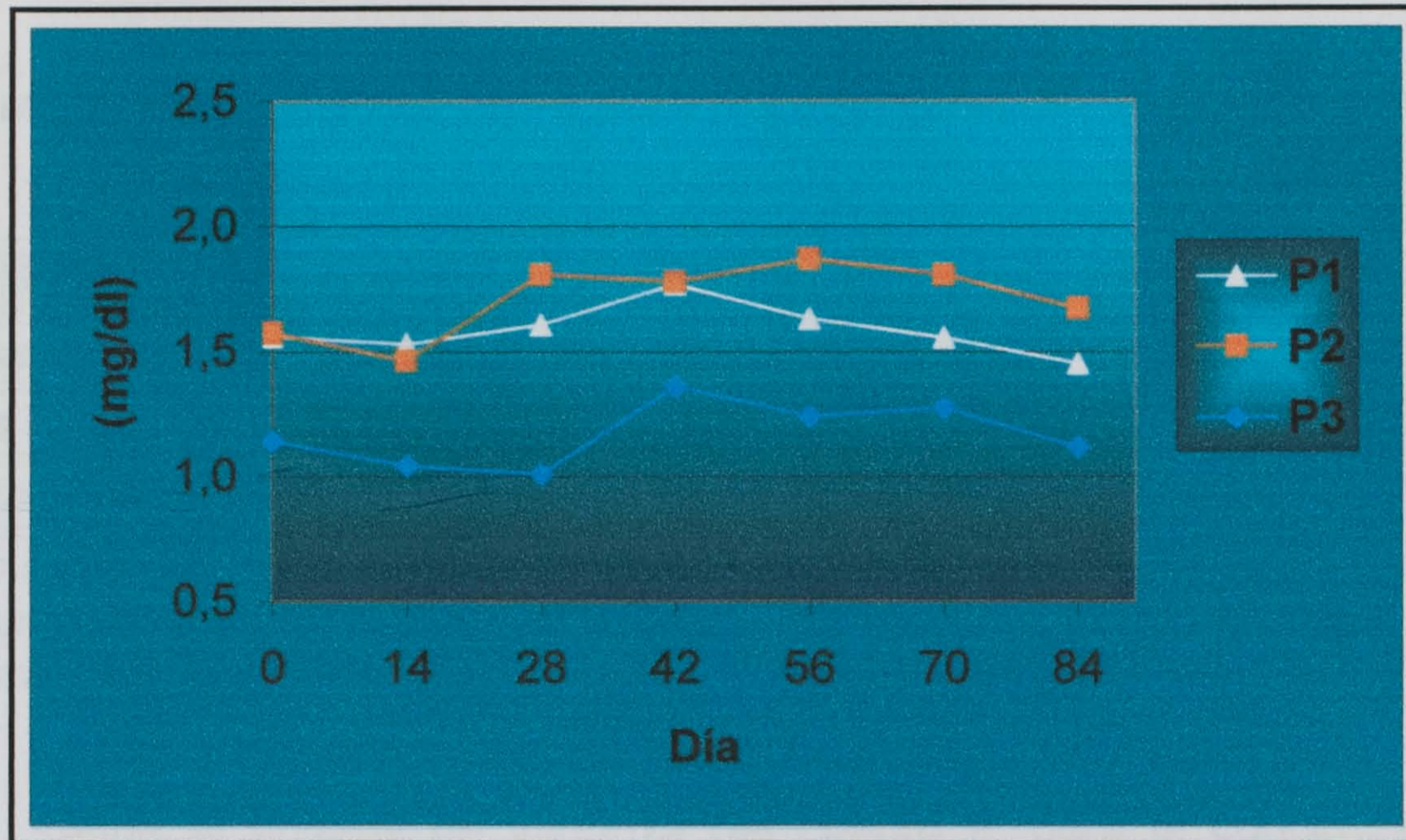


Fig. 13. Concentración de creatinina en la sangre.

Según la figura 13 y el cuadro 7 del análisis de varianza; podemos observar que la conducta de las dietas (niveles de proteína) en relación a la concentración de creatinina en la sangre durante el transcurso de la evaluación, fue estadísticamente similar, comportamiento que reflejó promedios de 1.59 mg/dl., 1.71 mg/dl. y 1.17 mg/dl. de este metabolito en la sangre al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente (anexos 28 y 29). Todos los tratamientos sin excepción, desde un inicio manifestaron decrementos e incrementos hacia el final de la evaluación, siendo que solamente la dieta 2, fue la que mantuvo su concentración hasta el final de la prueba, presentando un ligero incremento de 0.1 mg/dl. de este metabolito en la sangre, mientras que la dieta 3, mostró un decremento insignificante de 0.03 mg/dl., por lo que se podría decir que se mantuvo la concentración de creatinina en la sangre desde un inicio hasta el final del estudio, por su lado la dieta 1, de la misma forma que el anterior tratamiento manifestó un leve decremento de 0.11 mg/dl., pudiendo indicarse que también se mantuvo la concentración de este metabolito en la sangre hasta el final de la evaluación.

## d. Ácidos Grasos.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la concentración de Ácidos Grasos en la sangre.

FUENTE	Valor F	Pr > F
Dieta	3,65 *	0,0378
Días	3,19 **	0,0058
Dieta * Días	0,65 ns	0,7974

*ns* No significativo

\* Significativo

\*\* Altamente significativo

Según el análisis de varianza del cuadro 8, para la concentración de ácidos grasos en la sangre; se observa que existen diferencias estadísticas ( $Pr < 0.05$ ) y ( $Pr < 0.01$ ) entre dietas y entre días, mientras que en la interacción dieta con días, no se exhibieron diferencias estadísticas, lo que significa que la concentración de ácidos grasos en la sangre al suministro de las dietas, se manifestó de distinta forma entre dietas y entre días, en tanto que en la interacción dieta con días, el comportamiento de los tratamientos fue homogéneo en relación a la concentración de ácidos grasos en la sangre a lo largo de la prueba.

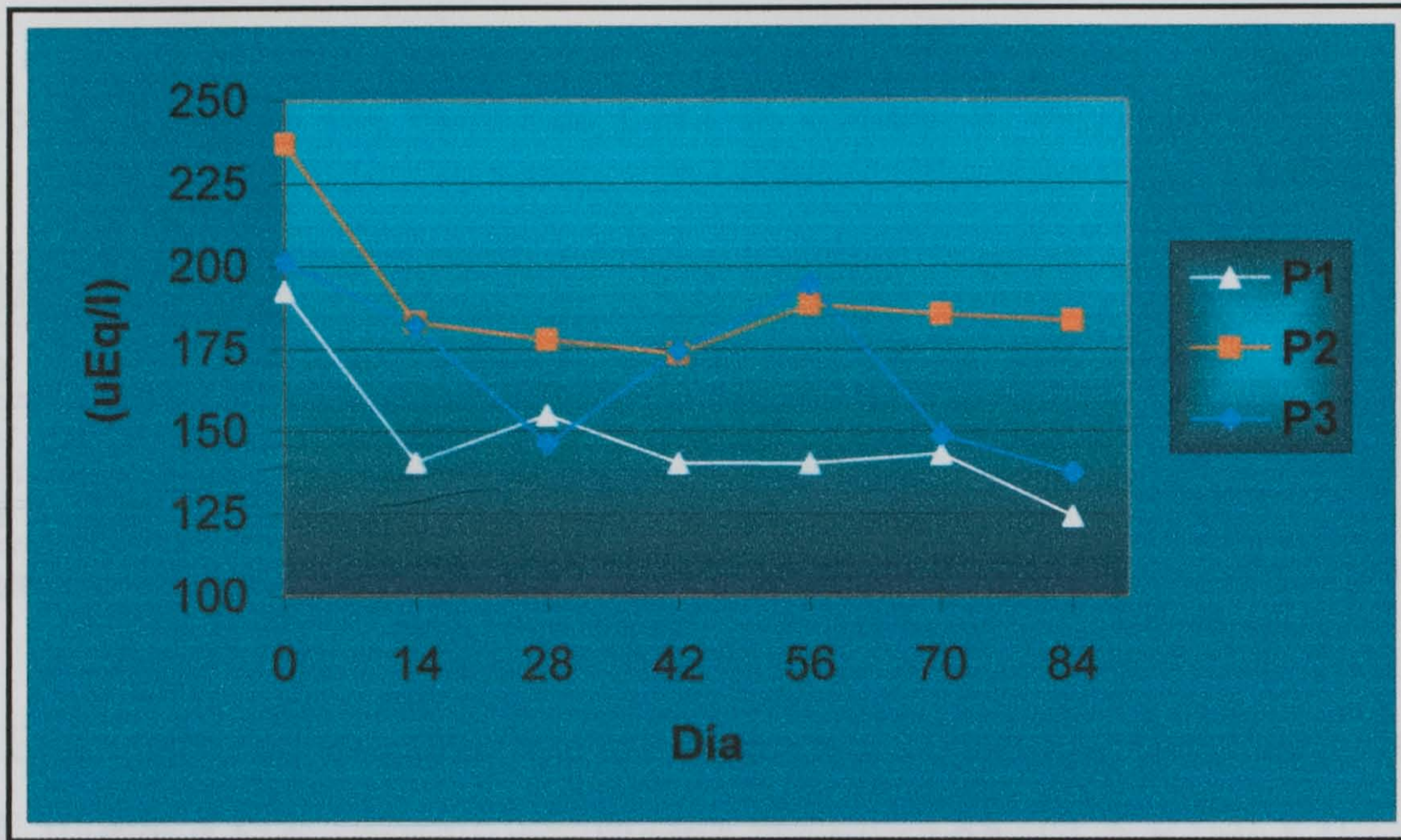


Fig. 14. Concentración de ácidos grasos en la sangre.

Según la figura 14 y el ANVA del cuadro 8; podemos ver que el comportamiento de las dietas (niveles de proteína) en referencia a la concentración de ácidos grasos en la sangre durante el transcurso de la evaluación, fue estadísticamente idéntico, acción que reportó promedios de 148.03 uEq/l. para la dieta 1, 189.77 uEq/l. para la dieta 2 y 169.37 uEq/l. para la dieta 3 de este metabolito en la sangre (anexos 28 y 29). Todos los tratamientos sin excepción, manifestaron un decremento irregular apreciable entre descensos y ascensos hacia el final de la evaluación, siendo así que la dieta que menor decremento presento al final del experimento fue la dieta 2 con 53.82 uEq/l., seguido de la dieta 3 con 63.76 uEq/l. de decremento, tomando en cuenta que al día 56 la concentración de este metabolito en la sangre volvió a ser casi la misma que tuvo al inicio del ensayo y finalmente la dieta 1, fue quien manifestó un decremento mayor de 68.08 uEq/l. de ácidos grasos en la sangre.

Fig. 15. Concentración de glucosa en la sangre.

## e. Glucosa.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la concentración de Glucosa en la sangre.

FUENTE	Valor F	Pr > F
Dieta	7,22 **	0,0026
Días	4,34 **	0,0005
Dieta * Días	2,74 **	0,0022

\*\* Altamente significativo

El análisis de varianza (cuadro 9), para la concentración de glucosa en la sangre; muestra que existen diferencias estadísticas ( $Pr < 0.05$ ) y ( $Pr < 0.01$ ) entre dietas, entre días y la interacción dieta con días, lo que muestra que la concentración de glucosa en la sangre al suministro de las dietas, se expresó de diversa manera entre dietas, entre días y la interacción dieta con días durante el estudio.

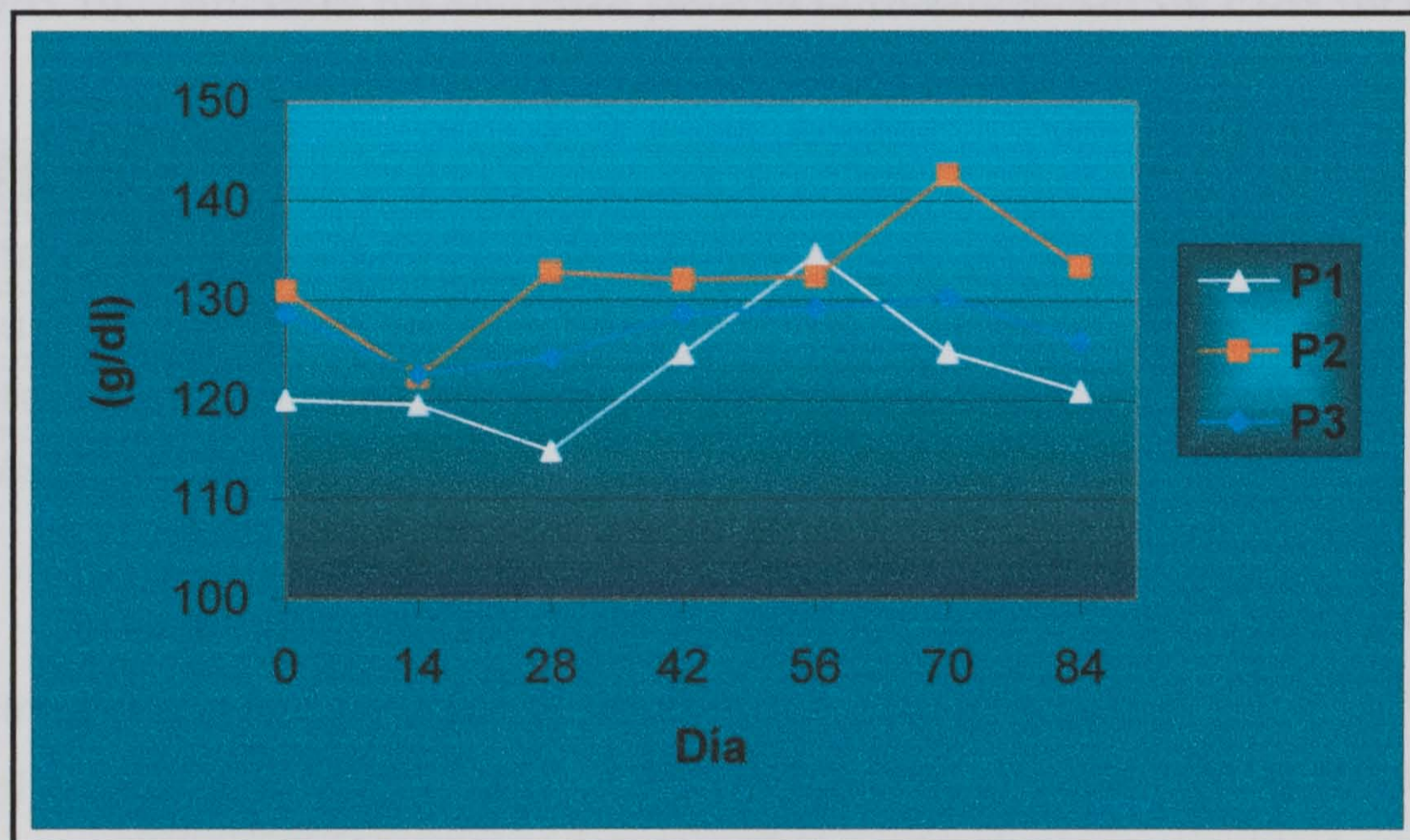


Fig. 15. Concentración de glucosa en la sangre.

Según la figura 15 y el cuadro 9 del análisis de varianza; podemos advertir que la conducta de las dietas (niveles de proteína) en relación a la



concentración de glucosa en la sangre durante el transcurso de la evaluación, fue estadísticamente diferente, comportamiento que reveló promedios de 122.77 g/dl., 132.37 g/dl. y 127.11 g/dl. de este metabolito en la sangre al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente (anexos 28 y 29). En orden de importancia, la dieta 2 entre ascensos y descensos a lo largo de la prueba, registró un ligero incremento de 2.5 g/dl. de este metabolito en la sangre con referencia al inicio del experimento, habiendo expuesto su mayor expresión al día 70, mientras que la dieta 1, casi mantuvo la concentración de este metabolito en la sangre, ya que manifestó un insignificante incremento de 0.9 g/dl. de glucosa en la sangre al final de la evaluación, tomando en cuenta que al día 56 vislumbró aun mayor incremento, por último, la dieta 3 a diferencia de los otros tratamientos, fue quien expuso un leve descenso en la concentración de glucosa en la sangre en relación al inicio del ensayo, exhibiendo un decremento de 2.8 g/dl. de este metabolito en la sangre.

#### f. Nitrógeno de la Urea en el Plasma Sanguíneo (PUN).

**Cuadro 10. Análisis de varianza para la concentración de PUN de la sangre.**

FUENTE	Valor F	Pr > F
Dieta	39,43 **	< 0,0001
Días	12,19 **	< 0,0001
Dieta * Días	6,97 **	< 0,0001

\*\* *Altamente significativo*

De acuerdo al cuadro 10 del análisis de varianza, para la concentración de nitrógeno de la urea en el plasma de la sangre; se ve que existen diferencias estadísticas ( $Pr < 0.05$ ) y ( $Pr < 0.01$ ) entre dietas, entre días y la interacción dieta con días, lo que indica que la concentración de nitrógeno de la urea en la sangre a la provisión de las dietas, se manifestó de forma diferente entre dietas, entre días y la interacción dieta con días a lo largo del ensayo.

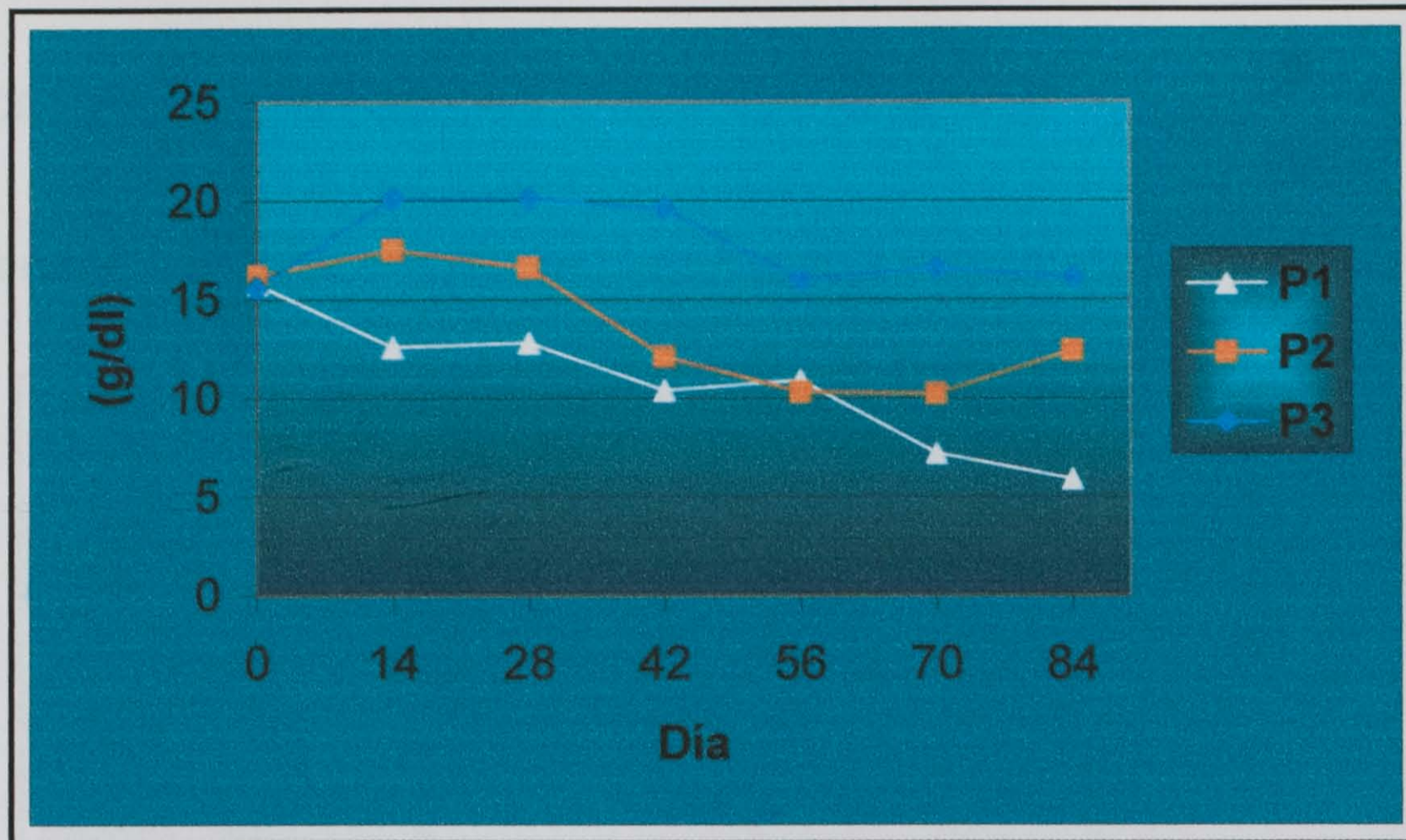


Fig. 16. Concentración de nitrógeno de la urea en la sangre.

Según la figura 16 y el ANVA del cuadro 10; podemos observar que el comportamiento de las dietas (niveles de proteína) en referencia a la concentración de nitrógeno de la urea en el plasma de la sangre durante el transcurso de la evaluación, fue estadísticamente heterogéneo, conducta que promovió promedios de 10.80 g/dl. (dieta 1), 13.61 g/dl. (dieta 2) y 17.73 g/dl. (dieta 3) de este metabolito en la sangre (anexos 28 y 29). Las dietas 1 y 2 al final del estudio manifestaron decrementos considerables de 9.9 g/dl. para la dieta 1 y 3.8 g/dl. para la dieta 2 en referencia a la concentración de nitrógeno de la urea en la sangre, siendo que la dieta 2 al inicio del experimento, expresó un incremento en relación a la dieta 1, quien desde un principio hasta la culminación del ensayo mostró un decremento paulatino en la concentración de este metabolito en la sangre, considerando además que la dieta 2 expuso nuevamente un incremento a partir del día 70 hacia la conclusión de la prueba, mientras que a la aplicación de la dieta 3 (ascensos y descensos), se mantuvo la concentración de nitrógeno de la urea en la sangre, aunque al final del estudio se observa un insignificante incremento de 0.5 g/dl. en la concentración de este metabolito en la sangre.

2. PRUEBAS EVALUADAS EN JAULAS METABÓLICAS.

2.1. COMPONENTES DE LA SANGRE (Metabolitos).

a. Albúmina.

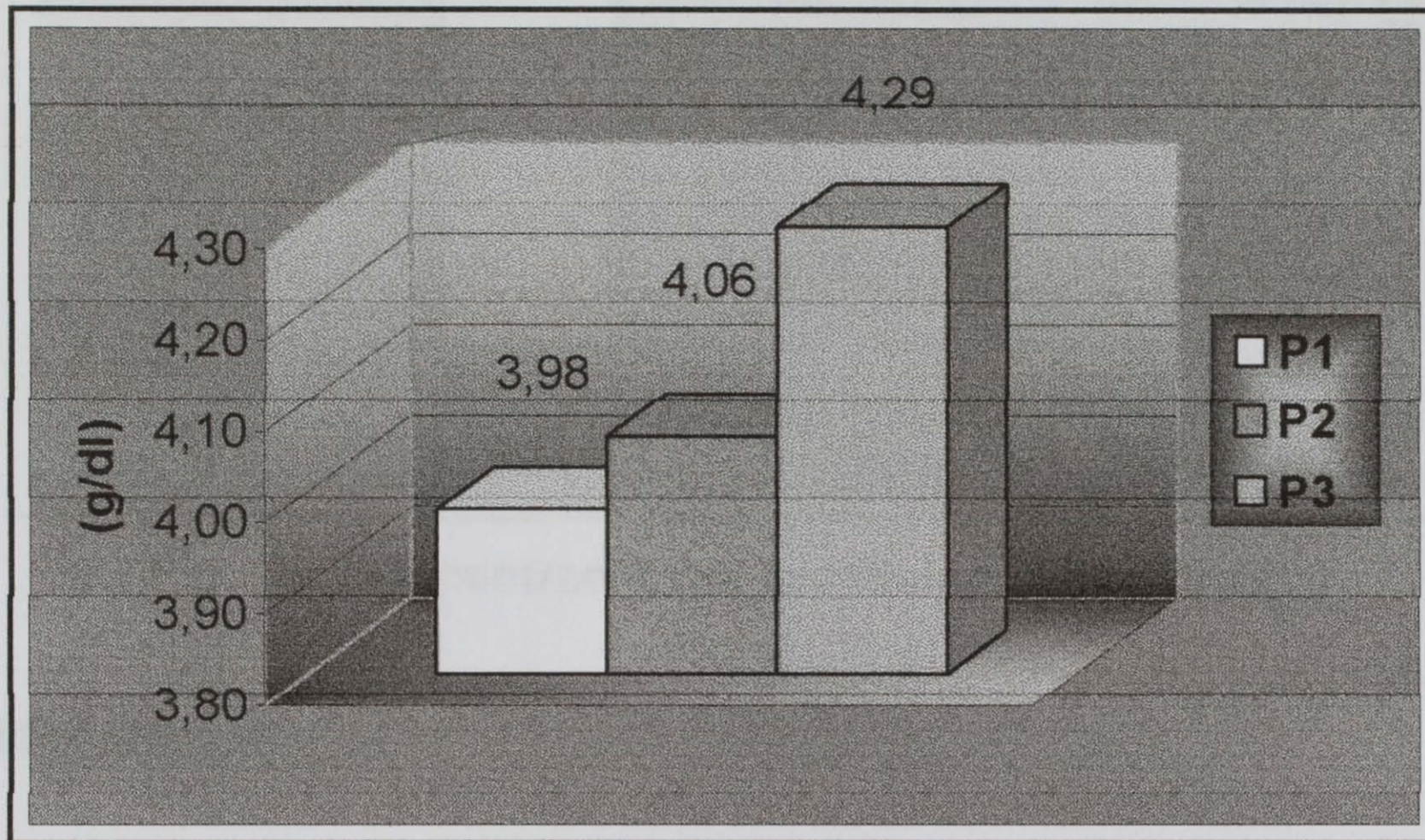


Fig. 17. Concentración de albúmina en la sangre.

b. Proteína Total en el Plasma Sanguíneo (TPP).

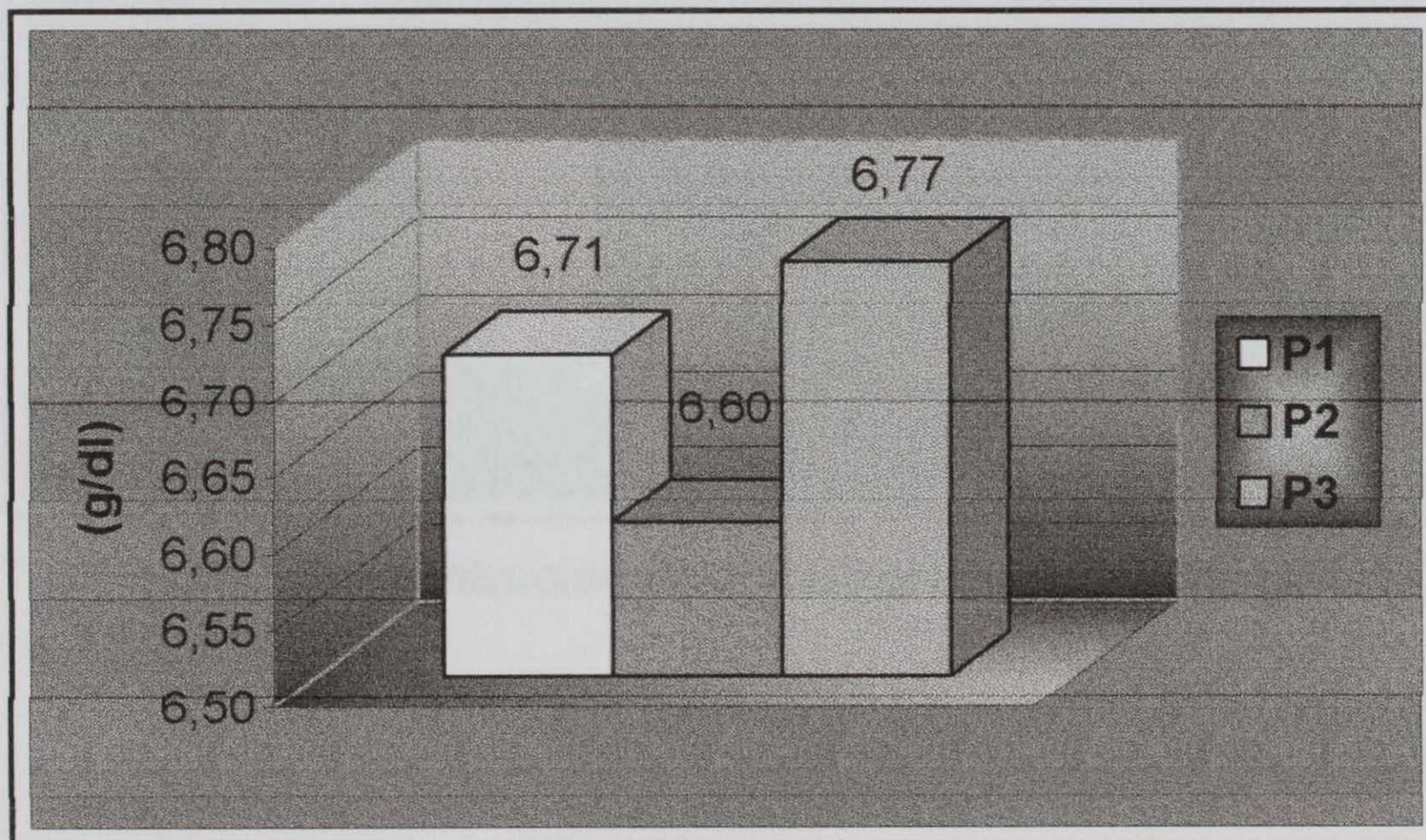


Fig. 18. Concentración de TPP en la sangre.

## c. Creatinina.

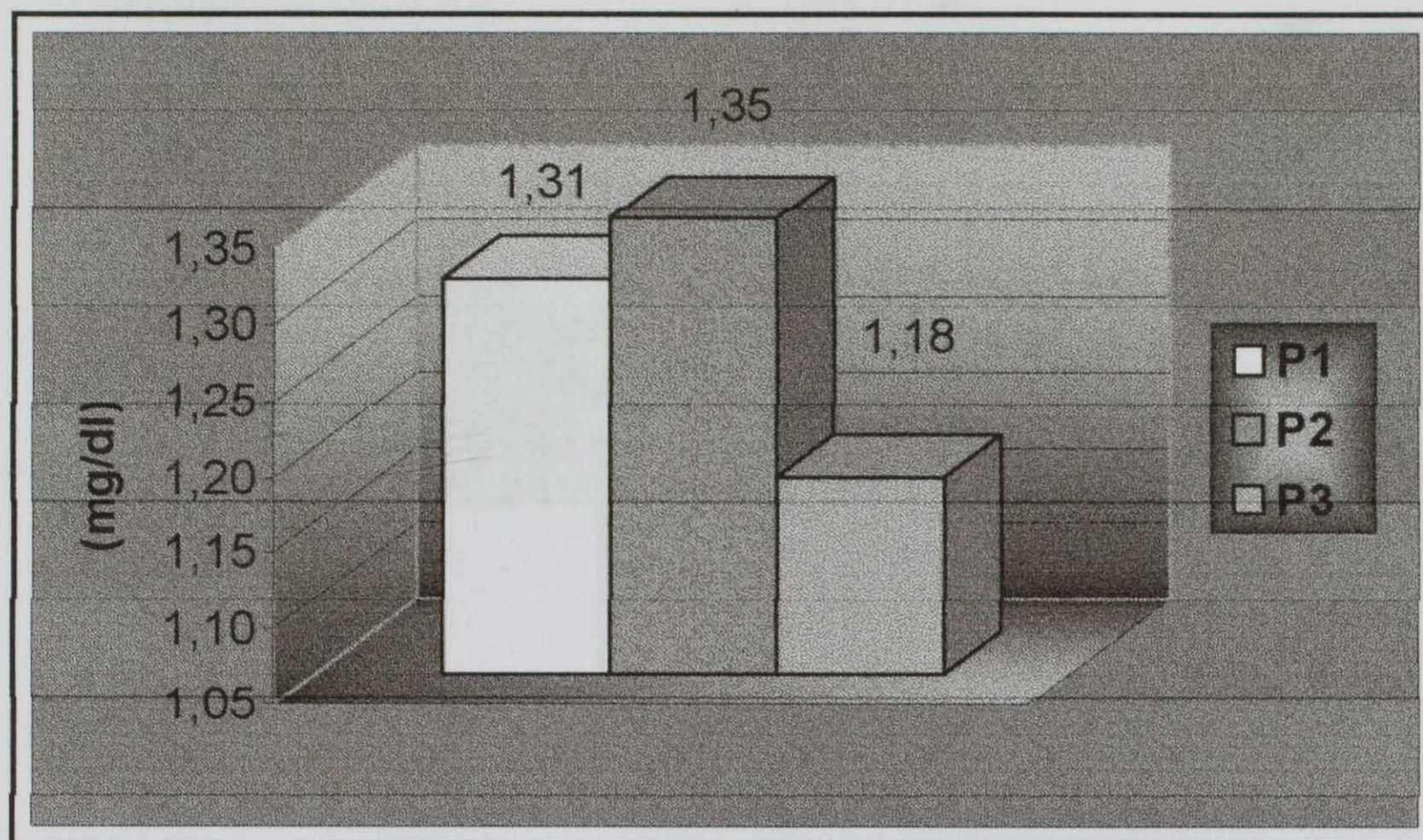


Fig. 19. Concentración de creatinina en la sangre.

## d. Ácidos Grasos.

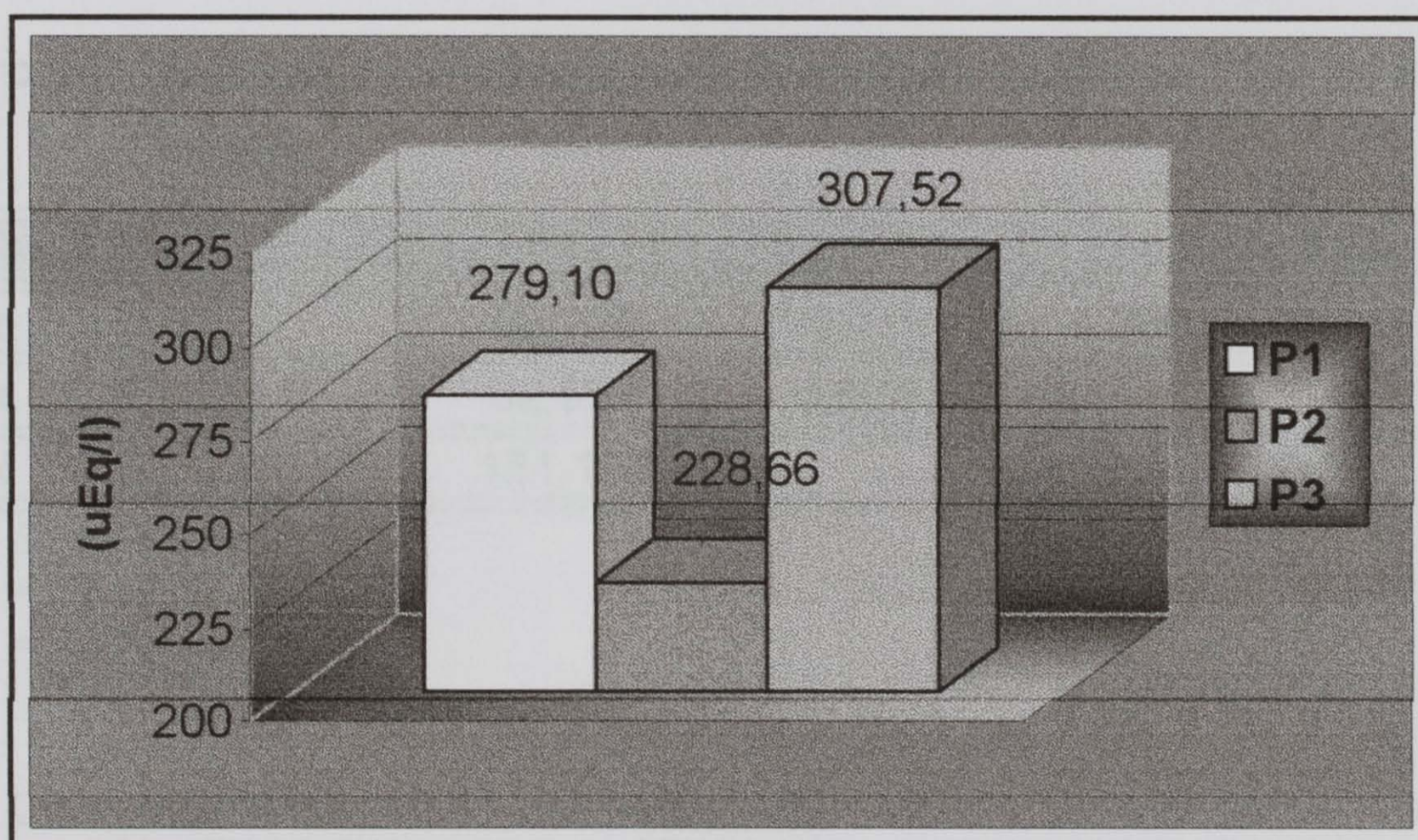


Fig. 20. Concentración de ácidos grasos en la sangre.

## e. Glucosa.

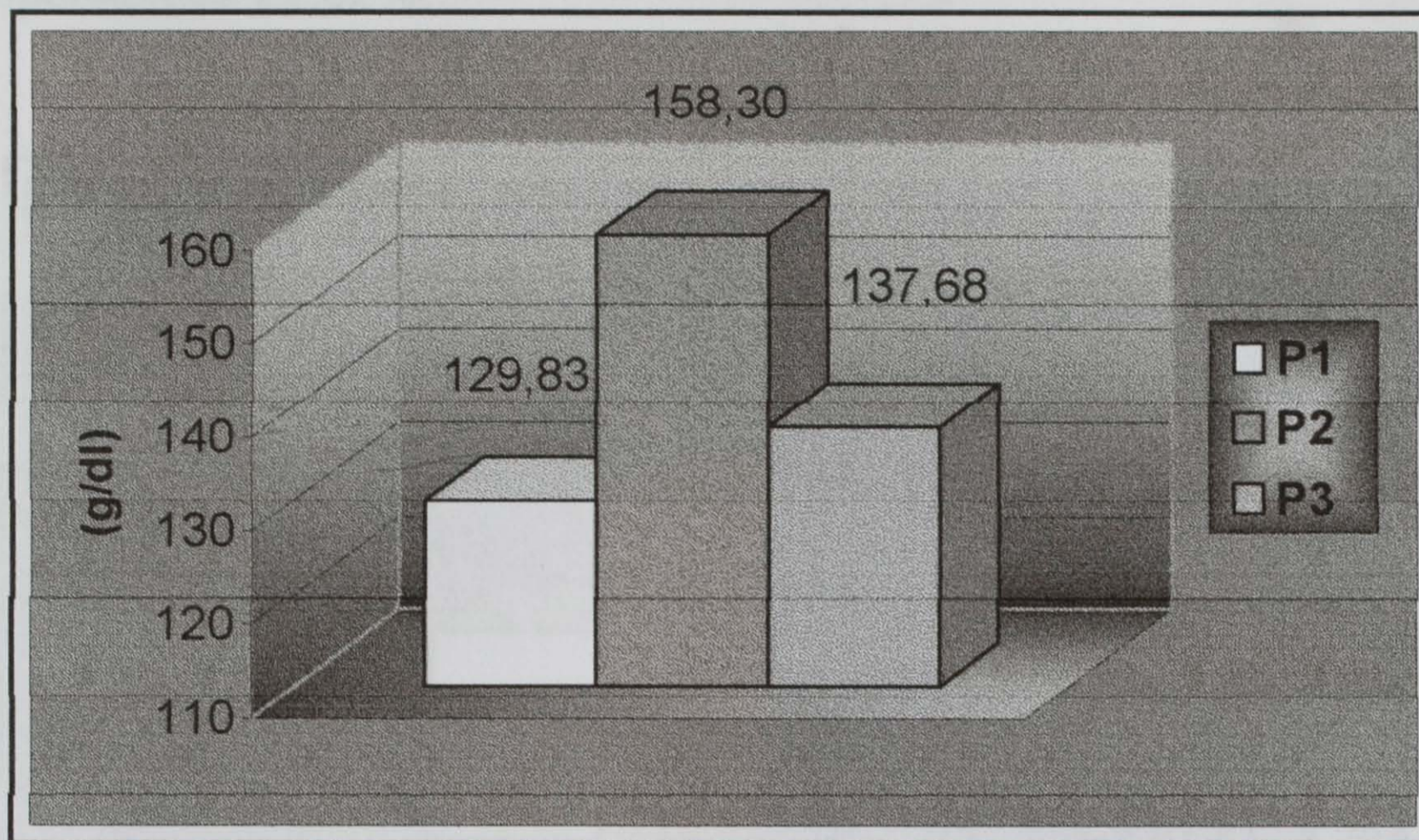


Fig. 21. Concentración de glucosa en la sangre.

## f. Nitrógeno de la Urea en el Plasma Sanguíneo (PUN).

Cuadro 11. Análisis de varianza para la concentración de PUN de la sangre.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	2	58,238	29,119	4,390 *	0,033
Error	14	92,952	6,639		
Total	16	151,190			

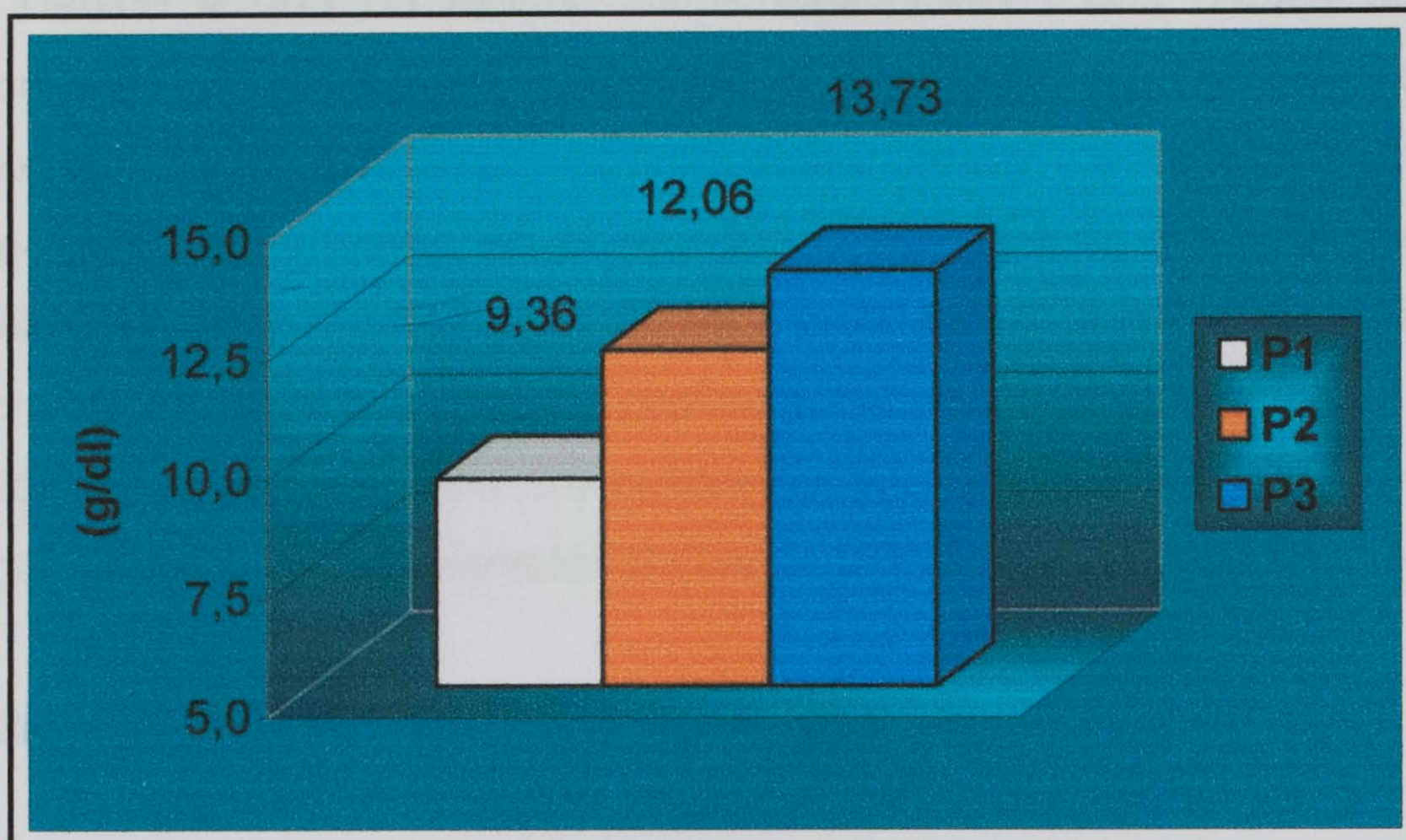
\* *Significativo*

CV = 22.02%

Media = 11.70 g/dl.

Conforme al cuadro 11 del análisis de varianza, para la concentración de PUN de la sangre; podemos ver que existe diferencia estadística ( $Pr < 0.05$ ) entre dietas, lo que significa que a la aplicación de los niveles de proteína, al menos una dieta muestra un comportamiento diferente con respecto a la concentración de PUN de la sangre. Así mismo podemos observar un promedio

en los tratamientos de 11.70 g/dl. y un coeficiente de variación que nos muestra una dispersión de 22.02%.



**Fig. 22. Concentración de PUN en la sangre.**

De acuerdo a lo que se muestra en las figuras 17, 18, 19, 20 y 21, en relación a la concentración de los metabolitos estudiados (albúmina, proteína total en el plasma sanguíneo, creatinina, ácidos grasos, glucosa y nitrógeno de la urea en el plasma sanguíneo) en la sangre el último día de la prueba; se aprecia que las diferencias son mínimas entre los tratamientos (niveles de proteína), siendo por lo tanto, estadísticamente no significativas, así como se muestra en los cuadros ANVA de los anexos 30, 31, 32, 33 y 34, lo que revela que los niveles de proteína comparados, no expusieron conducta divergente en referencia a la concentración de los metabolitos estudiados en la sangre, a excepción del metabolito nitrógeno de la urea en el plasma sanguíneo, cuyo comportamiento (anexo 35) fue distinto en comparación a los demás metabolitos, ya que registró un incremento de PUN de la sangre conforme aumenta el nivel de proteína en la dieta, reflejo de ello los promedios de 9.36 g/dl., 12.06 g/dl. y 13.73 g/dl. de nitrógeno de la urea en el plasma de la sangre al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente, siendo la diferencia,

estadísticamente significativa entre las dietas 3 - 1 y no así entre las dietas 3 - 2 y 2 - 1, tal cual se muestra en los anexos 36 y 37.

Debido a que no existen datos bibliográficos que hablen sobre los componentes de la sangre (metabolitos) estudiado en alpacas por otros autores, no se puede realizar ninguna comparación y mucho menos discusión alguna; pero sin embargo es necesario señalar que la similitud (resultados obtenidos) en el comportamiento de los metabolitos a la administración de los tratamientos (niveles de proteína) posiblemente se deban a que los 14 días de duración del ensayo no fueron los suficientes para medir el efecto de los niveles de proteína sobre la concentración de los metabolitos estudiados en la sangre.

## **2.2. BALANCE Y DIGESTIBILIDAD DEL NITRÓGENO.**

### **a. Consumo de Alimento (MS).**

Conforme la figura 23, desarrollada en base a los resultados conseguidos (anexos 38 y 39), para el consumo de alimento (dieta) en MS por día; podemos advertir que el aumento en la ingestión de MS no es proporcional al % de proteína en la dieta, ya que se puede apreciar que las alpacas consumieron en mayor cantidad la dieta 2, medianamente la dieta 3 y en menor cantidad la dieta 1, siendo los promedios de 984.80 g., 893.80 g. y 813.83 g. de MS/día respectivamente, no encontrándose diferencias estadísticas entre tratamientos (niveles de proteína), lo que indica que al suministro de los niveles de proteína el comportamiento en el consumo de alimento en MS por día fue semejante, así como se expone en el cuadro ANVA del anexo 40.

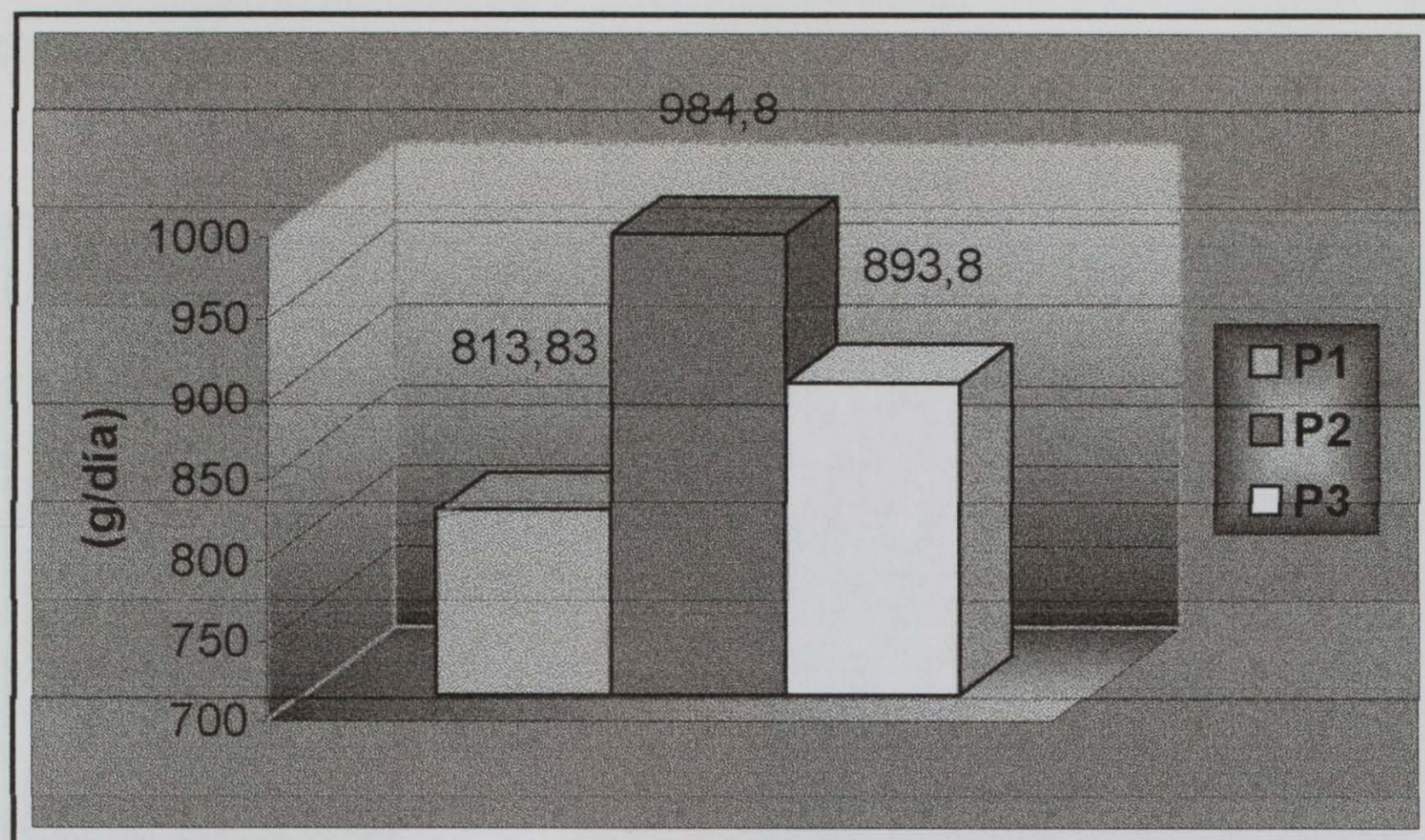


Fig. 23. Consumo de alimento (MS).

## b. Consumo de Nitrógeno.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el Consumo de Nitrógeno por día.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	2	288,619	144,309	5,290 *	0,019
Error	14	382,232	27,302		
Total	16	670,852			

\* Significativo

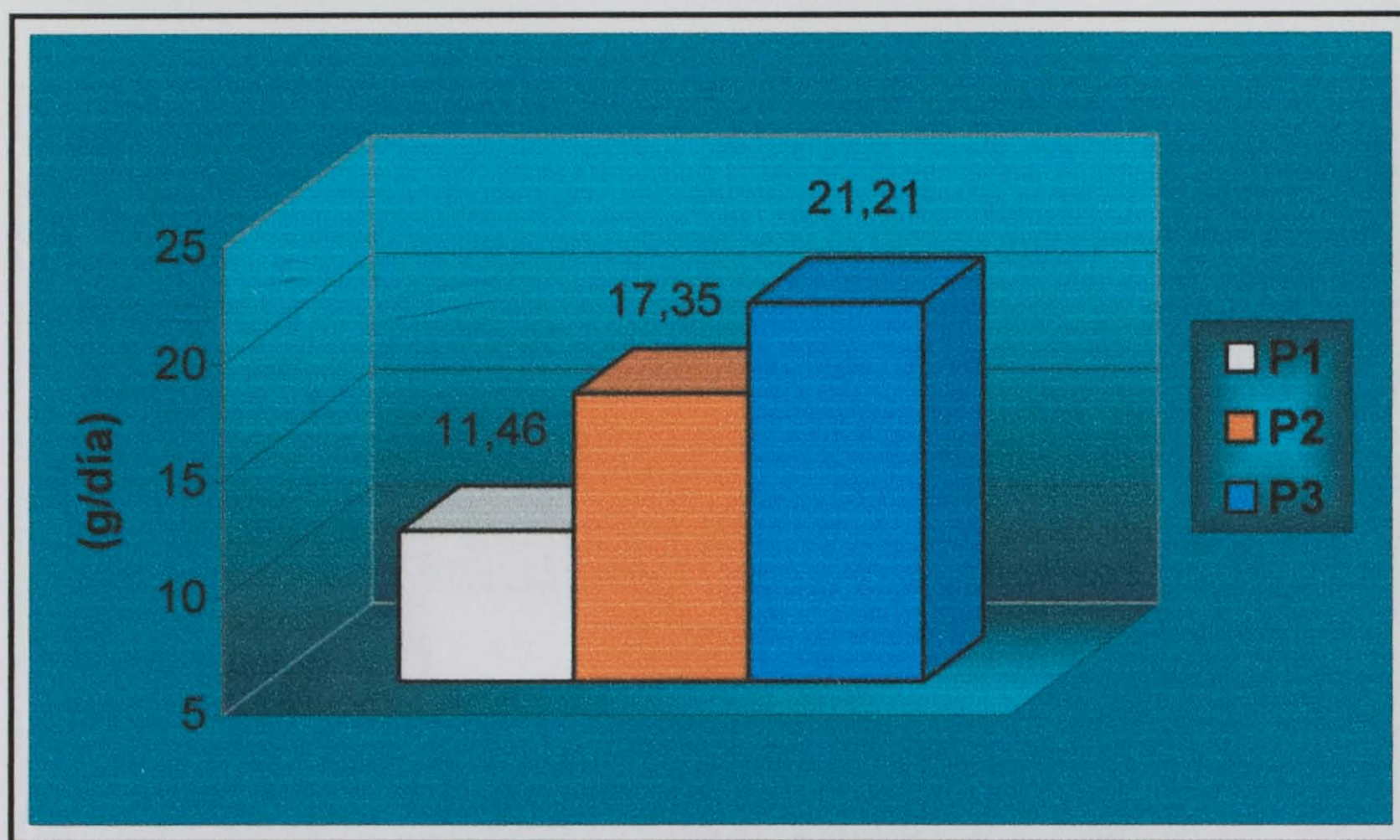
CV = 31.41%

Media = 16.63 g.

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 12), para el consumo de Nitrógeno por día; podemos ver que existe diferencia estadística ( $Pr < 0.05$ ) en el consumo de Nitrógeno por día a la provisión de los tratamientos, lo que establece que a la administración de los niveles de proteína al menos una dieta muestra una conducta distinta en cuanto al consumo de Nitrógeno por día, del mismo modo podemos observar una media de 16.63 g. y un coeficiente de variación que nos muestra una dispersión de 31.41%, variación que



posiblemente se debió a factores no controlados y nada identificados por no tener certeza de ellos.



**Fig. 24. Consumo de Nitrógeno.**

Conforme la figura 24, para el consumo de Nitrógeno por día a la aplicación de los tratamientos; podemos observar que existe una mayor ingestión de Nitrógeno conforme aumenta el nivel de proteína en la dieta, producto de ello los promedios de 11.46 g., 17.35 g. y 21.21 g. de N consumido/día al suministro de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente, diferencia estadística, altamente significativa entre las dietas 3 - 1 y no significativa entre las dietas 3 - 2 y 2 - 1, tal como se exhibe en los anexos 44 y 45.

### **c. Nitrógeno Excretado en las Heces.**

Según la figura 25, proyectada en base a los resultados logrados (anexo 39), para el Nitrógeno excretado en las heces por día; podemos advertir que la excreción de Nitrógeno a través de las heces en el día no es proporcional al % de proteína en la dieta, ya que la cantidad de Nitrógeno promedio encontrado en las heces fue de 4.86 g. para la dieta 1, 5.61 g. para la dieta 2 y 5.39 g. N/día para la dieta 3, no encontrándose diferencias estadísticas entre tratamientos

(niveles de proteína), lo que señala que los niveles de proteína comparados reflejaron similar comportamiento en relación al Nitrógeno excretado en las heces por día, así como se muestra en el cuadro ANVA del anexo 41.

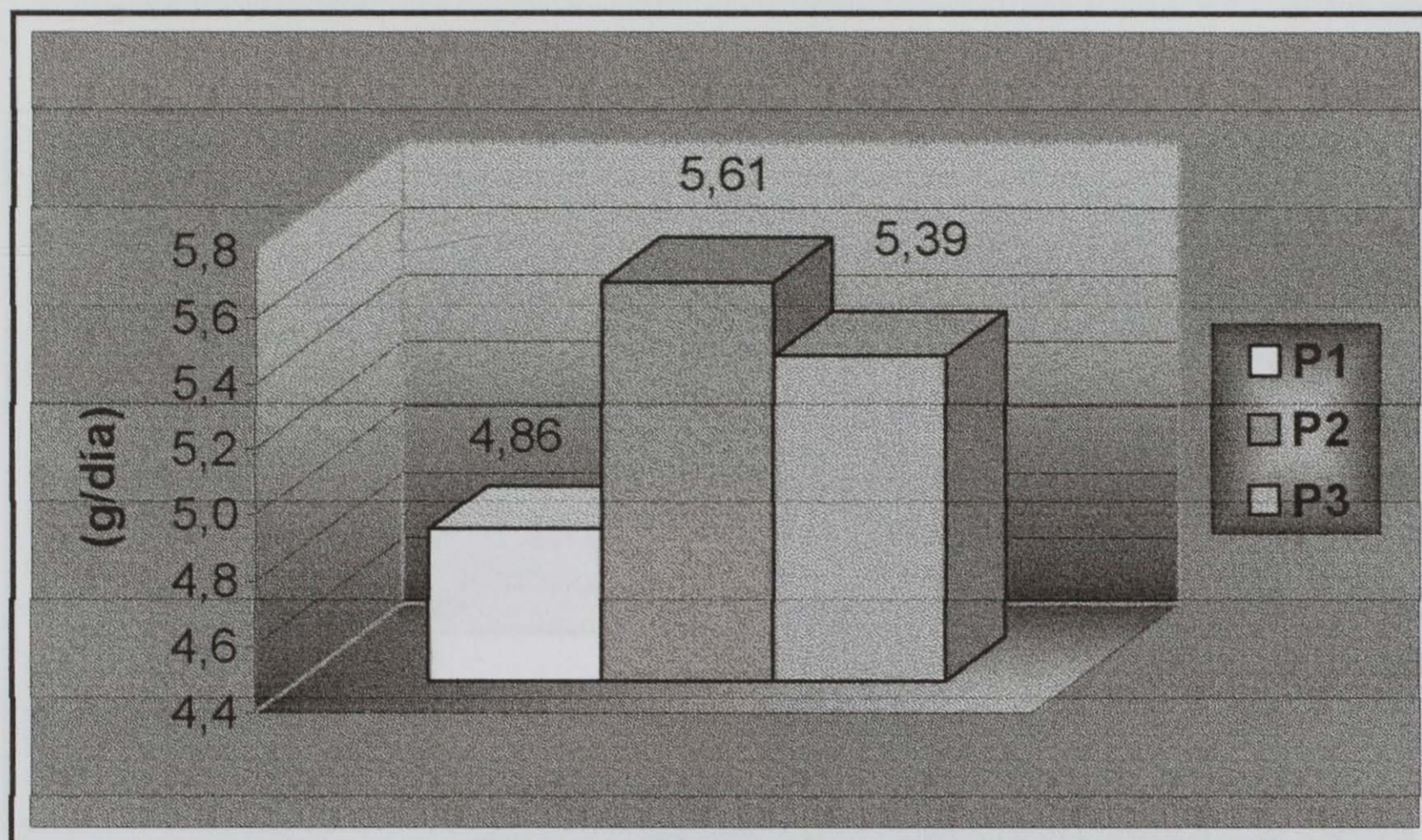


Fig. 25. Nitrógeno excretado en las heces.

#### d. Nitrógeno Excretado en la Orina.

Cuadro 13. Análisis de varianza para el Nitrógeno Excretado en la Orina por día.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	2	103,938	51,969	12,690 **	0,0007
Error	14	57,318	4,094		
Total	16	161,256			

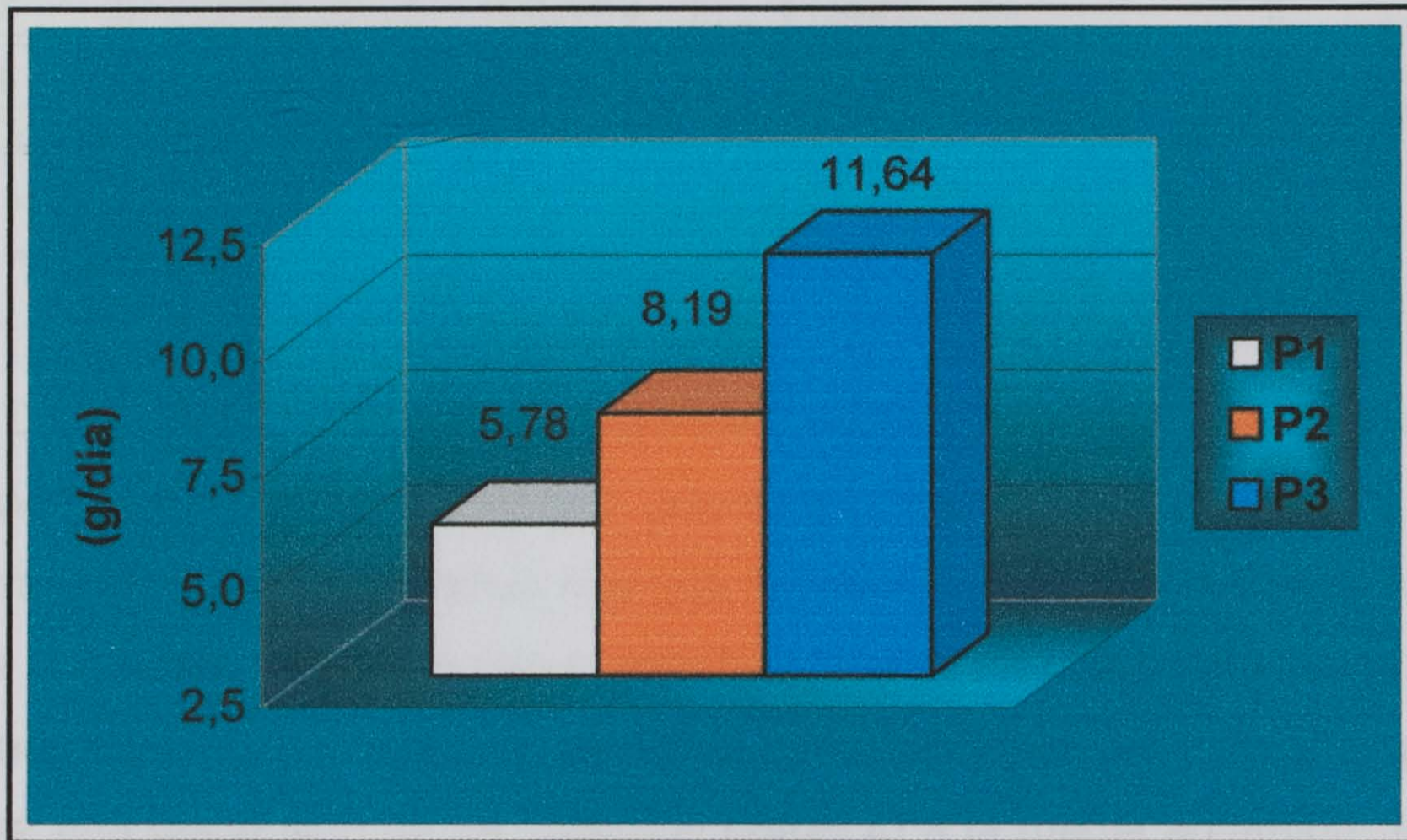
\*\* Altamente significativo

CV = 23.64%

Media = 8.56 g.

Conforme al cuadro 13 del análisis de varianza, para el Nitrógeno excretado en la orina por día; podemos ver que existe diferencia estadística ( $Pr < 0.05$ ) y ( $Pr < 0.01$ ) entre dietas, lo que significa que los niveles de proteína

proveídos mostraron diferencias entre si en referencia al Nitrógeno excretado en la orina durante el día. Así también observamos un promedio en los tratamientos de 8.56 g. y un coeficiente de variación que nos muestra una dispersión de 23.64%.



**Fig. 26. Nitrógeno excretado en la orina por día.**

En la figura 26, para el Nitrógeno excretado en la orina por día; logramos apreciar que existe un incremento en la excreción de Nitrógeno a través de la orina durante el día, conforme aumenta el nivel de proteína (% de nitrógeno) en la dieta, consecuencia de ello los promedios de 5.78 g., 8.19 g. y 11.64 g. de N excretado en la orina/día al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente, siendo la diferencia estadística, altamente significativa entre las dietas 3 - 1, significativa entre las dietas 3 - 2 y no significativa entre las dietas 2 - 1, tal cual se expone en los anexos 44 y 46.

## e. Nitrógeno Total Excretado.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el Nitrógeno Total Excretado por día.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	2	122,342	61,171	5,400 *	0,018
Error	14	158,689	11,335		
Total	16	281,031			

\* Significativo

CV = 24.35%

Media = 13.82 g.

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 14), para el Nitrógeno total excretado por día; podemos advertir que existe diferencia estadística ( $Pr < 0.05$ ) entre tratamientos, lo que indica que a la aplicación de los niveles de proteína al menos una dieta manifiesta una conducta diferente en cuanto al Nitrógeno total excretado, de igual manera observamos un coeficiente de variación que nos muestra una dispersión de 24.35% con respecto a la media advertida de 13.82 g.

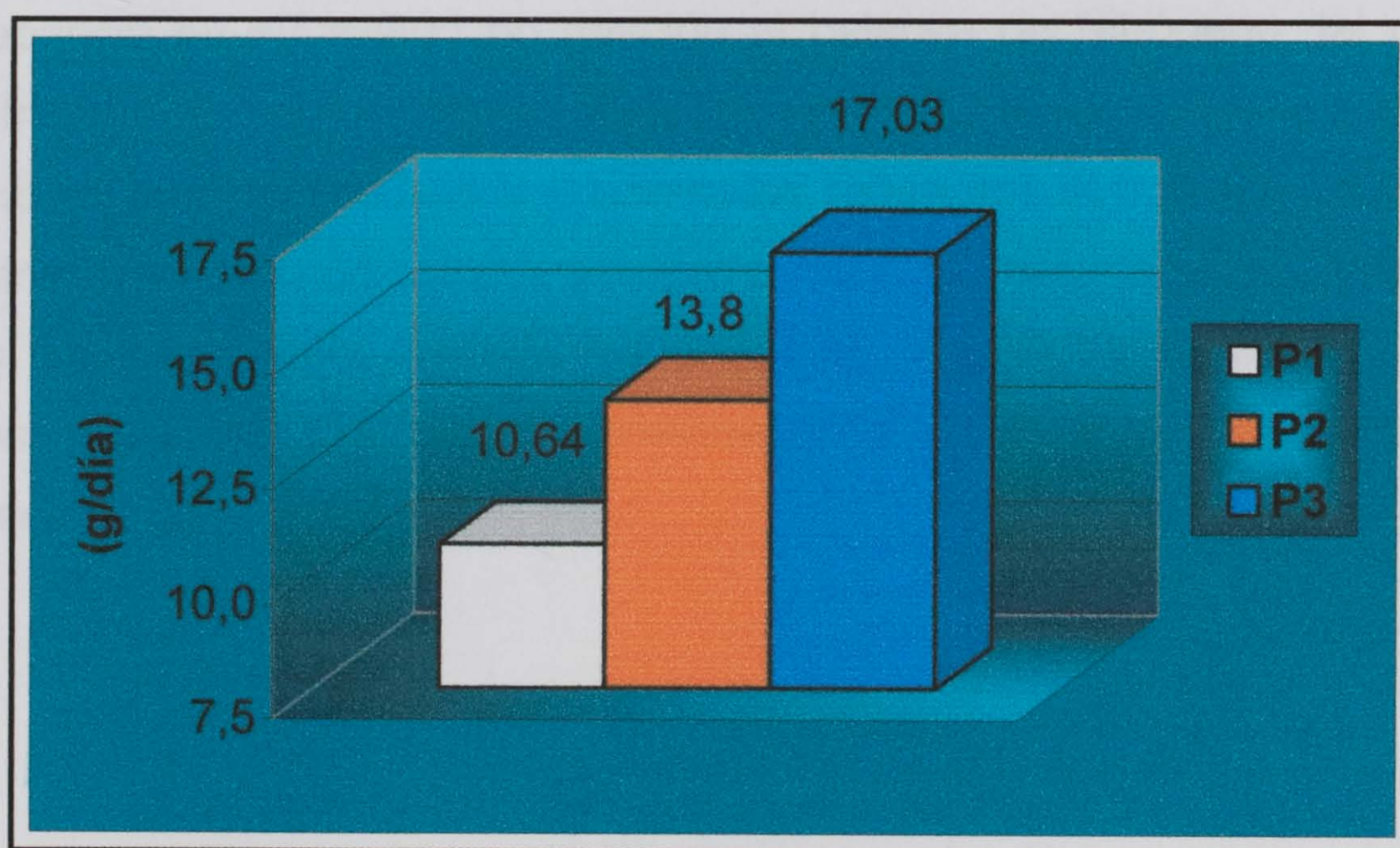


Fig. 27. Nitrógeno total excretado por día.

Según la figura 27, para el Nitrógeno total excretado por día (Nitrógeno excretado en las heces más Nitrógeno excretado en la orina); podemos ver que la excreción de Nitrógeno a través de las heces y la orina es proporcional al % de Nitrógeno (nivel de proteína) en la dieta, ya que la excreción total de Nitrógeno reportó promedios de 10.64 g. para la dieta 1, 13.80 g. para la dieta 2 y 17.03 g. de N/día para la dieta 3, diferencia estadística, altamente significativa entre las dietas 3 - 1 y no significativa entre las dietas 3 - 2 y 2 - 1, así como se exhibe en los anexos 44 y 47.

#### **f. Balance de Nitrógeno.**

Conforme a la figura 28, realizada en base a los resultados alcanzados (anexo 39), para el balance de Nitrógeno; podemos observar que la retención de Nitrógeno incrementa en función al nivel de proteína en la dieta, ya que la retención de Nitrógeno fue mayor al consumo de la dieta 3, medianamente regular al consumo de la dieta 2 y menor al consumo de la dieta 1, siendo los promedios de 4.18 g., 3.55 g. y 0.82 g. de N asimilado respectivamente, no habiéndose encontrado diferencias estadísticas entre tratamientos (dietas), lo que indica que los niveles de proteína proporcionados no manifestaron discrepancia en su actitud en relación al balance de Nitrógeno, tal como se muestra en el cuadro ANVA del anexo 42. Sin embargo, es necesario mencionar que los resultados encontrados referentes al balance de Nitrógeno muestran que hubo un balance positivo o retención neta (equilibrio positivo) en todos los tratamientos (niveles de proteína), lo cual hace presumir que las alpacas estuvieron consumiendo proteína por encima de sus requerimientos de mantenimiento.

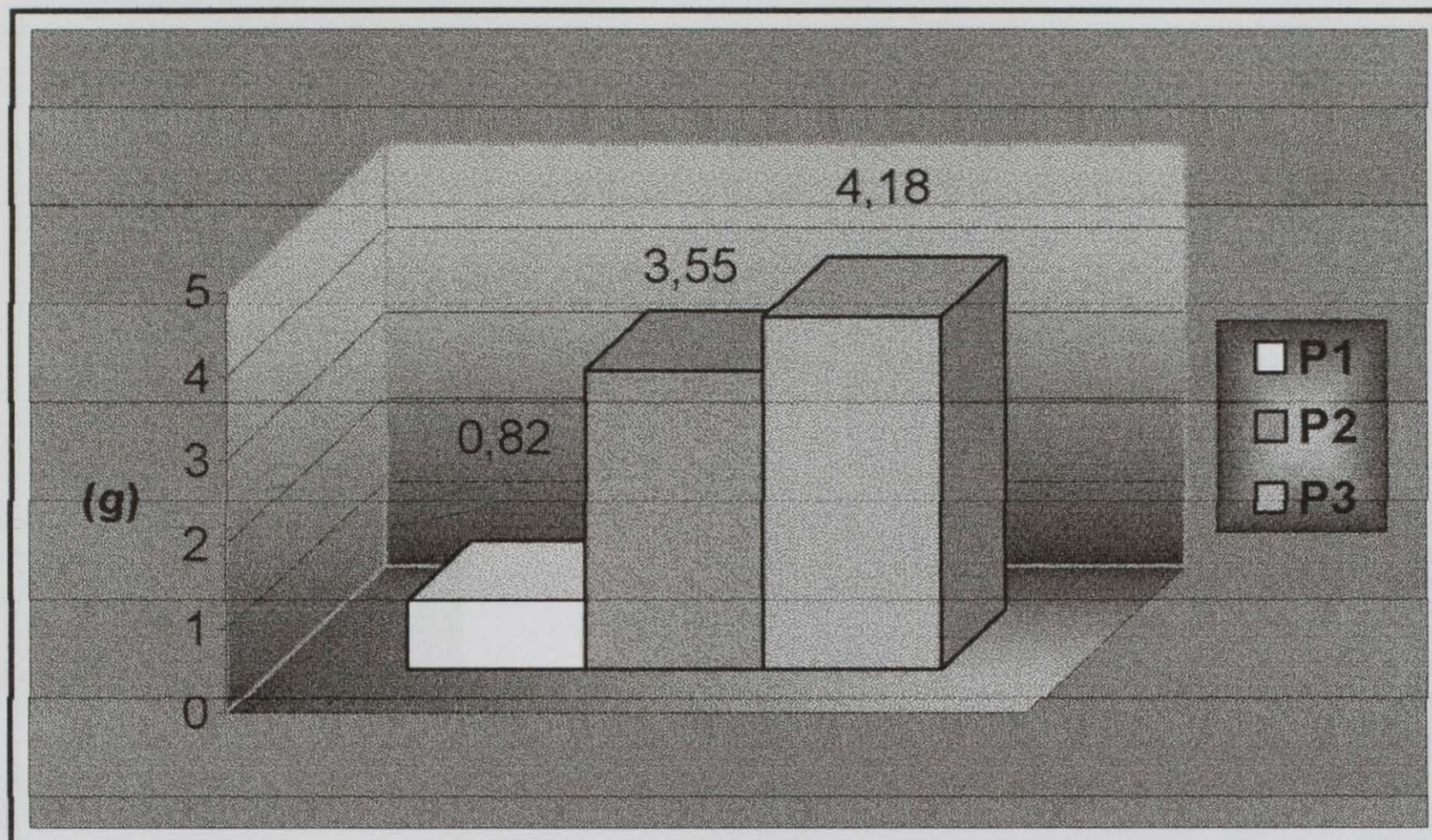


Fig. 28. Balance de Nitrógeno.

#### g. Digestibilidad del Alimento Consumido (MS).

Según la figura 29, elaborada en base a los resultados obtenidos (anexo 39), para la digestibilidad del alimento consumido (MS) al suministro de los tratamientos; podemos advertir que la digestibilidad de la MS es proporcional al % de proteína en la dieta, fruto de ello los promedios de 59.79% (486.59 g/día), 61.69% (607.52 g/día) y 62.40% (557.73 g/día) de MS digestible al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente, no encontrándose diferencias estadísticas entre tratamientos (dietas), lo que demuestra que los niveles de proteína comparados reflejaron similar comportamiento en referencia a la digestibilidad del alimento consumido (MS), así como se expone en el cuadro ANVA del anexo 43.

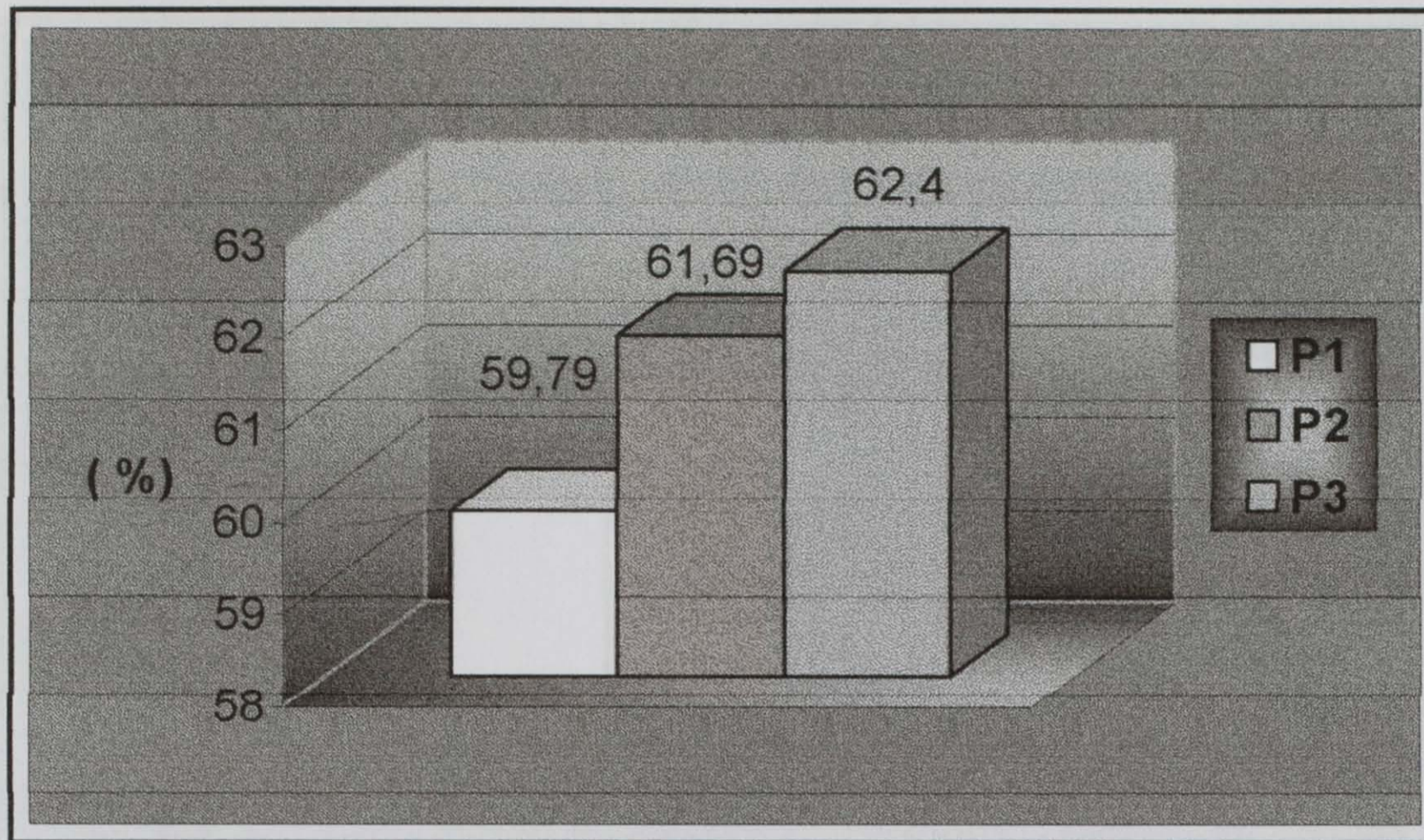


Fig. 29. Digestibilidad del alimento consumido (MS).

#### h. Digestibilidad del Nitrógeno.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la Digestibilidad del Nitrógeno.

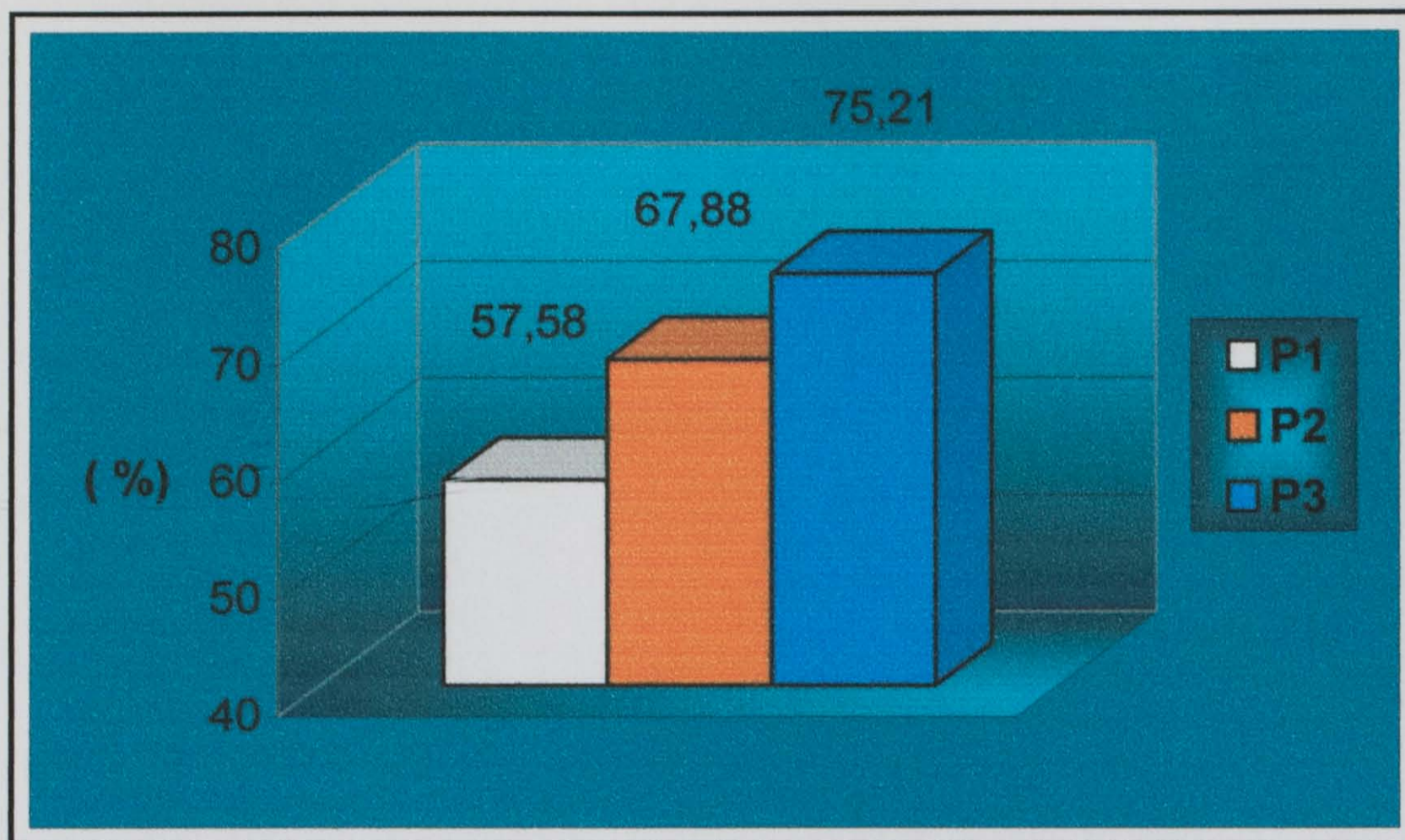
FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	2	940,337	470,168	38,790 **	< 0,0001
Error	14	169,701	12,122		
Total	16	1110,038			

\*\* Altamente significativo

CV = 5.21%

Media = 66.83%

De acuerdo al cuadro 15 del análisis de varianza, para la Digestibilidad del Nitrógeno expresado en %; podemos ver que existe diferencia estadística ( $Pr < 0.05$ ) y ( $Pr < 0.01$ ) entre dietas, lo que significa que los niveles de proteína administrados mostraron discrepancia entre si en cuanto a la digestibilidad del Nitrógeno (%), así mismo observamos un promedio en los tratamientos de 66.83% y un coeficiente de variación que nos muestra una dispersión de 5.21%.



**Fig. 30. Nitrógeno digestible.**

En la figura 30, para el % de Nitrógeno digestible; logramos apreciar que existe un incremento significativo en la digestibilidad del Nitrógeno (%), conforme aumenta el nivel de proteína en la dieta, resultado del mismo los promedios de 57.58%, 67.88% y 75.21% de N digestible, representando ello 6.60 g., 11.78 g. y 15.95 g. de N digestible/día a la provisión de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente, siendo la diferencia estadística, altamente significativa entre las dietas, tal cual se exhibe en los anexos 44 y 48.

En relación a esta variable de estudio, es necesario indicar que los promedios de % de Nitrógeno digestible encontrados para cada dieta y por consiguiente el promedio general, son ampliamente superiores al obtenido por Huasasquiche (1974), quien registró 45.5% de N digestible a la aplicación de 4 niveles de proteína (6.5%, 10.5%, 14.0% y 17.5% de PC).

## CONCLUSIONES



## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, hallados en función a las observaciones que se lograron a nivel de campo y sometidas estas al análisis estadístico, se vierten las siguientes conclusiones:

- A la aplicación de la dieta 1, el consumo de alimento en materia seca (MS) por semana fue de 67.85 kg., representando ello un consumo de alimento en MS por día de 9.69 kg/tratamiento (0.97 kg. MS/animal), en tanto que al suministro de la dieta 3, el consumo de alimento (MS) por semana fue de 69.73 kg., lo que significa un consumo de alimento en MS por día de 9.96 kg/tratamiento (1 kg. MS/animal), mientras que a la administración de la dieta 2, el consumo de alimento (MS) por semana fue de 72.44 kg., deduciéndose a partir de ello un consumo de alimento en MS por día de 10.34 kg/tratamiento (1.03 kg. MS/animal); consumo de alimento (MS) que a la aplicación de los niveles de proteína fue normal, así como lo indica Bustinza, A. (2001), quien dice que en condiciones de estabulación y alimentados con pastos cultivados y forrajes, se ha estimado que el consumo de la alpaca, es de 1.8% de su peso vivo.
- Por tanto, el consumo de alimento en MS no es proporcional al % de proteína en la dieta, es decir que no se observa un aumento en la ingestión de MS conforme aumenta el nivel de proteína en la dieta, ya que el consumo de MS por semana fue de 67.85 kg., 72.44 kg. y 69.73 kg. para la dieta 1, 2 y 3 respectivamente, indicándose a partir de ello, que la preferencia en cuanto al consumo de las dietas, tanto en la prueba en corrales como en la prueba en jaulas metabólicas, fue bien marcada para la dieta 2, seguido de la dieta 3 y finalmente la dieta 1.

➤ Los pesos vivos encontrados a la culminación de la investigación, fueron inferior para la dieta 1 (51.10 kg.), pero ampliamente superiores para la dieta 2 (59.35 kg.) y dieta 3 (59.10 kg.) en relación a los pesos vivos obtenidos por Garnica, J. (1973), quien determinó 55.02 kg. y Soliz, E. (1996), quien obtuvo 52.55 kg., autores que trabajaron con alpacas macho de 4 años de edad; así mismo Bustinza, V. et al. (1993), citado por Soliz, E. (1993), halló 57.10 kg. de peso vivo pero en alpacas macho de 1 a 4 años de edad, en tanto que Calderón, W. et al. (1972), encontró un peso vivo mayor de aproximadamente 60 kg. a los 4 años de edad, sin cambios apreciables en etapas posteriores, de manera que el peso vivo de las alpacas se estabiliza a los 4 años de edad, siendo la mayor ganancia de peso vivo del año a los 2 años, en cambio la ganancia de peso vivo de los 2 a los 4 años, es más lento y equivalente a lo ganado entre el año y los 2 años de edad, ya que los primeros años de vida de la alpaca corresponden esencialmente al desarrollo corporal y el mayor peso en los siguientes años corresponde a la complementación del desarrollo corporal, desarrollo de la masa muscular y la acumulación de grasa (comportamiento fisiológico que se traduce en la curva de crecimiento), conclusión respaldada por los resultados alcanzados por Ccopa, A. (1974), quien consiguió 38.6 kg., 41.5 kg., 51.9 kg. y 51.1 kg. de peso vivo en alpacas macho de 2, 3, 4 y 5 años de edad respectivamente. Por todo lo expresado queda demostrado que las dietas aplicadas (niveles de proteína) en el presente estudio, influyeron positivamente en el incremento de peso vivo, siendo que además las alpacas con las que se trabajó fueron de entre 2 a 5 años de edad.

➤ El tratamiento (dieta) suministrado que mayor ganancia de peso vivo reportó a la conclusión de la investigación, fue la dieta 3 con 4.60 kg., seguido de la dieta 1 con 3.85 kg. y finalmente la dieta 2, presento una ganancia inferior de peso vivo de 3.15 kg. al final del ensayo (84 días), deduciéndose a partir de estos datos que la ganancia de peso vivo (PV) por día fue de 45.83 g.,

37.50 g. y 54.76 g. para la dieta 1, 2 y 3 respectivamente, ganancia de PV que no fue proporcional al nivel de proteína en la dieta.

- De la discrepancia estadística entre el consumo de alimento en MS (altamente significativo), el peso vivo y peso de los órganos internos (no significativo), se indica que para la variable peso vivo (incremento matemático) y por consiguiente peso de los órganos internos (anexo 27), no fue determinante la cantidad de alimento consumido (MS), sino la calidad nutritiva (proteína) del alimento ofrecido, proteína que indudablemente se encontraba en todas las dietas proporcionadas, argumento respaldado por los resultados de Balance o Retención de Nitrógeno (estadísticamente no significativo) alcanzados en la prueba en jaulas metabólicas; resultados que reportaron un balance positivo o retención neta (equilibrio positivo) al suministro de los tratamientos (% de proteína), lo que quiere decir que las alpacas consumieron proteína por encima de sus requerimientos de mantenimiento (proteína necesaria para el mantenimiento de su organismo), de manera que a la administración de los niveles de proteína, el incremento o ganancia de peso vivo y peso de los órganos internos fue similar estadísticamente. Por lo tanto, en base a lo observado y demostrado es necesario señalar y recalcar que para animales de esta especie, estadística ni matemáticamente mayor incremento o ganancia de peso vivo (peso de los órganos internos) es sinónimo de mayor cantidad y calidad proteica del alimento consumido en MS.
- La concentración de albúmina en la sangre es casi proporcional al % de proteína de la dieta, ya que el comportamiento de este metabolito reveló 3.83 g/dl., 4.21 g/dl. y 4.21 g/dl. de albúmina en la sangre al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente.
- A la conclusión del experimento, las dietas 3 y 2 manifestaron incrementos de 0.55 g/dl. y 0.31 g/dl. de albúmina en la sangre respectivamente, en tanto

que a la aplicación de la dieta 1, se presentó un decremento insignificante de 0.01 g/dl. de este metabolito en la sangre.

- Existe un incremento de proteína total en el plasma de la sangre proporcional al nivel de proteína en la dieta, ya que este metabolito en la sangre registró 6.07 g/dl. (dieta 1), 6.54 g/dl. (dieta 2) y 6.63 g/dl. (dieta 3).
- Al suministro de la dieta 1, se obtuvo un incremento mayor de 0.67 g/dl. de proteína total en el plasma de la sangre, mientras tanto las dietas 2 y 3 al final de la prueba presentaron incrementos leves de 0.17 g/dl. para la dieta 2 y 0.04 g/dl. de este metabolito en la sangre a la provisión de la dieta 3.
- La concentración de creatinina en la sangre no incrementa conforme crece el % de proteína en la dieta, porque la conducta de este metabolito reportó 1.59 mg/dl., 1.71 mg/dl. y 1.17 mg/dl. de creatinina en la sangre al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente.
- Se mantuvo la concentración de creatinina en la sangre al final de la investigación, puesto que la dieta 2, exhibió un ligero incremento de 0.1 mg/dl., en tanto que la dieta 3, reveló un decremento insignificante de 0.03 mg/dl. y la dieta 1, por su lado estableció un leve decremento de 0.11 mg/dl. de este metabolito en la sangre.
- La cantidad de ácidos grasos en la sangre no es proporcional al nivel de proteína en la dieta, ya que la concentración de este metabolito en la sangre fue de 148.03 uEq/l. para la dieta 1, 189.77 uEq/l. para la dieta 2 y 169.37 uEq/l. para la dieta 3.
- La concentración de ácidos grasos en la sangre bajo la administración de las dietas, sin excepción alguna expresaron un decremento irregular apreciable al final de la evaluación, siendo así que quien menor decremento presentó al

final de la prueba, fue la dieta 2 con 53.82 uEq/l., seguido de la dieta 3 con 63.76 uEq/l. y finalmente la dieta 1 con 68.08 uEq/l. de decremento de ácidos grasos en la sangre.

- La concentración de glucosa en la sangre no es equivalente al % de proteína en la dieta, porque el comportamiento de este metabolito reveló 122.77 g/dl., 132.37 g/dl. y 127.11 g/dl. de glucosa en la sangre al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente.
- A la aplicación de las dietas, la concentración de glucosa en la sangre evidenció conductas distintas, ya que la dieta 2, tuvo un ligero incremento de 2.5 g/dl., mientras que la dieta 1, mantuvo su nivel aunque manifestó un incremento casi insignificante de 0.9 g/dl. de glucosa en la sangre en relación al inicio del experimento, en tanto que la dieta 3, reflejó un leve descenso de 2.8 g/dl. de este metabolito en la sangre al final del estudio.
- Existe un incremento de nitrógeno de la urea en el plasma de la sangre proporcional al nivel de proteína en la dieta, ya que la concentración de este metabolito en la sangre reportó 10.80 g/dl. (dieta 1), 13.61 g/dl. (dieta 2) y 17.73 g/dl. (dieta 3).
- Las dietas 1 y 2 al final del ensayo, exhibieron decrementos considerables de 9.9 g/dl. y 3.8 g/dl. de nitrógeno de la urea en el plasma de la sangre respectivamente, en tanto que al suministro de la dieta 3, se mantuvo la concentración de este metabolito en la sangre aunque se observa un leve incremento de 0.5 g/dl. de nitrógeno de la urea en el plasma de la sangre.
- A la culminación de la prueba en jaulas metabólicas (último día), la concentración de los metabolitos en la sangre bajo el efecto de los niveles de proteína, no discreparon en su conducta y por lo tanto carecen de significancia estadística, a excepción del metabolito nitrógeno de la urea en

el plasma sanguíneo, cuya actitud fue distinta en comparación a los demás metabolitos, ya que registró un incremento en la concentración de nitrógeno de la urea en el plasma de la sangre proporcional al contenido de proteína en la dieta, siendo este incremento de 9.36 g/dl., 12.06 g/dl. y 13.73 g/dl. al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente.

- La ingestión de Nitrógeno por día es mayor conforme aumenta el % de proteína en la dieta (nivel de nitrógeno), siendo así que el N ingerido/día fue de 11.46 g. (dieta 1), 17.35 g. (dieta 2) y 21.21 g. (dieta 3); diferencia estadística significativa reportada en la que no influyo la cantidad de alimento consumido en MS por día (estadísticamente no significativo).
- Existe un incremento en la excreción de Nitrógeno a través de la orina durante el día, proporcional al nivel de proteína en la dieta (% de nitrógeno), reflejo de ello el N excretado/día fue de 5.78 g. para la dieta 1, 8.19 g. para la dieta 2 y 11.64 g. para la dieta 3.
- La excreción total de Nitrógeno mediante las heces y la orina por día, crece conforme aumenta el % de Nitrógeno en la dieta (nivel de proteína), ya que el N total excretado/día fue de 10.64 g., 13.80 g. y 17.03 g. al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente; excreción total de N/día registrado, proporcional al N ingerido/día.
- Existe un incremento significativo en el % de digestibilidad del Nitrógeno, proporcional al nivel de proteína en la dieta, por lo que los % de Nitrógeno digestible revelaron un 57.58% (dieta 1), 67.88% (dieta 2) y 75.21% (dieta3), equivalentes a 6.60 g., 11.78 g. y 15.95 g. de N digestible/día al suministro de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente, determinándose a partir de ello que el grado de asimilación o incorporación de la proteína en el organismo de la alpaca, fue mayor a la aplicación de la dieta 3, regular al consumo de la dieta 2 y menor a la provisión de la dieta 1; en referencia a esta variable de

estudio, es necesario argüir que los promedios de % de Nitrógeno digestible encontrados para cada dieta (tratamiento) y por consiguiente el promedio general, son ampliamente superiores al obtenido por Huasasquiche (1974), quien valoró 45.5% de N digestible a la administración de 4 niveles de proteína (6.5%, 10.5%, 14.0% y 17.5% de PC).

- La digestibilidad del Nitrógeno (digestibilidad de la proteína), estadísticamente no depende de la cantidad de alimento consumido (MS), del balance de Nitrógeno, ni del % de digestibilidad del alimento consumido (MS), sino de la cantidad de Nitrógeno ingerido diariamente y el nivel o % de proteína ofrecido en la dieta.

Por consiguiente para el presente trabajo de investigación, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula para las variables de estudio: componentes de la sangre (corrales), componentes de la sangre solo para el metabolito nitrógeno de la urea en el plasma sanguíneo y digestibilidad de la proteína (jaulas metabólicas), siendo que al suministro de los niveles de proteína exhibieron diferencia estadística; mientras tanto, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula para las variables de estudio: peso vivo, peso de los órganos internos (corrales), componentes de la sangre excepto para el metabolito nitrógeno de la urea en el plasma sanguíneo y balance de Nitrógeno (jaulas metabólicas), por no presentar discrepancia sino similitud estadística a la aplicación de los niveles de proteína.

## RECOMENDACIONES

## RECOMENDACIONES

Con la experiencia de campo, los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se arribaron, podemos extractar las siguientes recomendaciones que coadyuvaran a la ejecución de posteriores investigaciones:

- Efectuar trabajos de investigación similares a este, evaluando el efecto nutricional de los niveles de proteína estudiados en la presente investigación respecto a las demás especies de camélidos, en razón de que la nutrición es uno de los principales pilares para la producción de ganadería camélida en el altiplano Boliviano.
- Desarrollar estudios consecuentes al presente, explorando aun más las necesidades de requerimiento proteico de la alpaca y camélidos en general, durante sus distintas etapas de vida (lactancia, crecimiento, desarrollo, producción, reproducción y mantenimiento); conocimiento producto de la investigación nutricional que nos permitirá criar y explotar a la alpaca y demás especies de camélidos en forma eficiente y adecuada, incrementando de esta manera sus parámetros productivos y tecnológicos que son de gran importancia desde el punto de vista zootécnico, comercial y económico.
- Suplementar proteína cruda (PC) en ambas épocas del año (seca y húmeda) principalmente en la época seca donde los niveles de proteína en los pastos nativos son bajos.
- Para una adecuada y eficiente nutrición de alpacas y camélidos en general, se recomienda elaborar innumerables análisis químicos de los pastos nativos, con el propósito de determinar la calidad nutritiva de la pradera nativa en la que habitan estos animales; ya que es la pradera nativa la única



y principal fuente de alimentación y nutrición de los camélidos en el altiplano Boliviano.

- Determinar la calidad nutritiva de los pastos nativos e introducidos de mayor consumo para la alpaca y el ganado camélido en general.

Los resultados y conclusiones declarados al presente, no son definitivos en el tiempo y el espacio, por lo que deberán ser respaldados o rechazados por otros estudios que guarden relación (total o parcial) con la presente investigación.

RESUMEN

## RESUMEN

Como patrimonio cultural y natural de los Andes, la cría y explotación de Llamas y Alpacas, se constituye en la principal actividad ganadera en el altiplano boliviano ya que forma parte de sus costumbres, dieta alimenticia y fuente de ingreso económico para el poblador altoandino de la zona occidental de Bolivia y del departamento de Oruro principalmente, y es la alpaca la que constituye, en la actualidad, la especie más importante de los camélidos sudamericanos, fundamentalmente por su producción de fibra fina muy cotizada en el mercado nacional y mundial.

La producción y productividad de esta especie animal como es la alpaca, depende principalmente de las condiciones de nutrición y alimentación basada en la pradera nativa y forrajes introducidos.

La nutrición y alimentación de alpacas es parte importante de los conocimientos científicos que tienen por finalidad hacer más productivos a los animales domésticos a través del uso más eficiente de los alimentos. Podríamos decir que constituye una combinación variable de conocimientos por que en la alimentación de los animales, el hombre cuenta con experiencia de siglos, que se transmite de generación en generación. La investigación nutricional ha venido reforzando alguno de estos conocimientos. Conociendo el valor nutritivo y alimenticio de esta, se ha podido criar alpacas en forma adecuada y eficiente incrementando de esta manera sus parámetros productivos y tecnológicos que tienen gran significación desde el punto de vista zootécnico, comercial y económico.

La alimentación es técnica, estilo, arte y práctica que intervienen en tres fases de conocimiento: la de los alimentos que ingiere el animal, los procesos a los que los somete el animal vivo dentro su organismo y el producto final que se

obtiene para beneficio del hombre. La Alpaca como recurso natural renovable, produce carne, fibra y subproductos de origen animal.

La moderna ciencia de la nutrición se encarga de definir las necesidades del animal para mantenimiento, crecimiento, reproducción, lactancia, etc. La valoración de los alimentos será de utilidad después que han sido consumidos. Las necesidades del animal en la explotación pecuaria no puede ser perfecta con exactitud. Entonces un sistema de alimentación requiere conocer los requerimientos de los animales en relación a sus funciones y para diferente tipo de animales. También debemos manifestar que todo el proceso debe ser evaluado en relación a experiencias en que los alimentos o las prácticas de su uso hayan sido puesto en prueba.

En el Altiplano Central de Bolivia, por sus características edafoclimáticas durante la época de lluvias y de mayor producción de forraje no se tiene ningún tipo de problemas, mas bien las alpacas aprovechan de una manera eficiente la pradera nativa de los bofedales, aun siendo pobres en contenido proteico; sin embargo, el mayor problema es en la época de estiaje (época seca) donde existe carencia de producción de forraje que generalmente coincide con el destete y el último tercio de gestación, es donde las alpacas deben recibir suplemento alimenticio para llegar al parto en mejores condiciones, como también para que no se retrase el crecimiento de los tuis.

Debido a que las proteínas son el principal constituyente de los órganos y estructuras blandas del cuerpo animal, se requiere de una provisión abundante y continua de ellas en el alimento durante toda la vida para crecimiento y reposición. La transformación de la proteína alimenticia en proteína corporal es una parte muy importante del proceso nutricional.

Por lo mencionado anteriormente es necesario proveer al animal de una dieta alimenticia basada en la proteína, ya que en el altiplano el contenido de

proteína es afectado por el factor lluvia, así en la época seca el contenido de proteína disminuye y se incrementa en la época lluviosa; por tal razón, nace el interés por el estudio de la proteína requerida por la alpaca, tanto para su mantenimiento, como para su crecimiento y desarrollo.

Es así que se planteó el presente trabajo de investigación; estudio que tuvo como norte u objetivo principal (objetivo general), Evaluar el efecto metabólico de tres niveles de proteína en la nutrición de Alpacas (*Lama pacus*), en la Estación Experimental de la Universidad Brigham Young, ubicado en la ciudad de Provo del Estado de Utah –EE.UU. a una altura de 1369 m.s.n.m. y localizado geográficamente a 40°12' de latitud norte y 111°43' de longitud oeste. Las características climáticas del Estado de Utah, particularmente de la ciudad de Provo, durante la presente temporada registraron los siguientes datos climatológicos: 4°C de temperatura mínima promedio, 11.4°C de temperatura media anual y 19°C de temperatura máxima promedio, en tanto que la humedad relativa fue del 55% y la precipitación media anual de 353.1 mm.; presentando así un clima árido.

En busca de cumplir con el objetivo general, se estableció los siguientes objetivos específicos:

- Verificar la Condición Corporal de la Alpaca a través de la Ganancia o Pérdida de Peso Vivo (PV) y Peso de los Órganos Internos (corazón, hígado, pulmón, riñón, bazo, cerebro y músculo) al faeneo.
- Cuantificar los cambios en los Componentes de la Sangre (metabolitos): Albúmina, Proteína Total en el Plasma (TPP), Creatinina, Ácidos Grasos, Glucosa y Nitrógeno de la Urea en el Plasma (PUN).
- Determinar el Balance o Retención de Nitrógeno mediante la recolección, muestreo y análisis de laboratorio de heces y orina.

- Valorar la Digestibilidad de la Proteína (nutriente en estudio) por medio del cálculo de la Digestibilidad del Nitrógeno expresado en porcentaje.

Para tal efecto, se proyectó que paralelamente se realizaran dos pruebas, una en corrales y otra en jaulas metabólicas; pruebas que tuvieron como único propósito la complementariedad de los resultados. La Prueba en Corrales, tuvo una duración de 3 meses (12 semanas), tiempo en el cual se desarrollaron las siguientes actividades: Instalación de Corrales, Mezcla de Alimento, Selección de Alpacas, Identificación, Análisis Bromatológico de las Dietas, Acostumbramiento al Consumo de la Dieta (Alimento Ofrecido), **Inicio del Experimento**, Suministro y Medición del Alimento Ofrecido, Recolección de Muestras de Alimento Residual, Recolección de Muestras de Sangre, Separación del Plasma Sanguíneo, Pesaje de Alpacas y Faeneo de Alpacas; en tanto que la Prueba en Jaulas Metabólicas (complemento a lo hecho en corrales), trabajada bajo la acción de los mismos tratamientos pero de manera más específica, tuvo una duración de 2 meses (8 semanas), tiempo en el que se llevaron a cabo las siguientes actividades: Instalación de Jaulas Metabólicas, Selección de Alpacas, Cateterización, Identificación, Adiestramiento y Acostumbramiento de Alpacas a las Jaulas Metabólicas, Acostumbramiento al Consumo de la Dieta (Alimento Ofrecido), **Inicio del Experimento**, Suministro y Medición del Alimento Ofrecido, Recolección de Muestras de Alimento Residual, Recolección de Muestras de Heces y Orina, Recolección de Muestras de Sangre, Balance de Nitrógeno y Cálculos para Determinar la Digestibilidad.

La selección de alpacas (tuis III y janachos) para la Prueba en Corrales, fue realizado de un total de 200 alpacas, las mismas que se encontraban en un hábitat de semicautiverio, las 30 alpacas seleccionadas fueron divididas al azar en 3 grupos de 10 alpacas por tratamiento (dieta 1, 2 y 3) dispuestos de acuerdo al diseño experimental planteado, tomando en cuenta que, de las 10 alpacas de cada tratamiento 5 fueron tuis III y las otras 5 janachos; mientras que la selección de alpacas (tuis III y janachos) para la Prueba en Jaulas

Metabólicas, fue desarrollada de la misma forma en que se realizó la selección de alpacas para los corrales, es decir las 6 alpacas que conformaron parte del experimento, fueron seleccionadas al azar de un total de 200 alpacas que vivían en semicautiverio, dichas alpacas fueron distribuidas al azar en jaulas metabólicas y sometidas al suministro de los tratamientos de acuerdo al diseño experimental establecido para esta parte de la investigación.

Los tratamientos suministrados (niveles de proteína), fueron derivados de la tesis de Huasasquiche (1974), quien mediante una Prueba de Balance de Nitrógeno estimó  $2.38 \text{ g. PC/kg. PV}^{0.75}$  (proteína digerible requerida); estimación que tomada como referencia, permitió calcular los porcentajes de Proteína Cruda (% PC) que en la presente investigación fueron objeto de estudio. Es así que el % PC valorada para los tratamientos P1, P2 y P3 fueron 8.8%, 11.1% y 14.8% respectivamente; valores encontrados a partir de la multiplicación entre el porcentaje de Nitrógeno (% N) de cada tratamiento P1 (1.41%), P2 (1.78%) y P3 (2.37%) y el factor de conversión 6.25, operación matemática que dio como producto los niveles de proteína (% PC) administrados en el presente trabajo de investigación.

Las variables de estudio que buscaron dar respuesta en principio a los objetivos específicos y posteriormente al objetivo general, fueron para la Prueba en Corrales: peso vivo (PV), peso de los órganos internos y componentes de la sangre (metabolitos); y para la Prueba en Jaulas Metabólicas: componentes de la sangre (metabolitos), balance de nitrógeno y digestibilidad del nitrógeno (digestibilidad de la proteína).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, hallados en función a las observaciones que se lograron a nivel de campo y sometidas estas al análisis estadístico, se vierten las siguientes conclusiones:

- A la aplicación de la dieta 1, el consumo de alimento en materia seca (MS) por semana fue de 67.85 kg., representando ello un consumo de alimento en MS por día de 9.69 kg/ tratamiento (0.97 kg. MS/animal), en tanto que al suministro de la dieta 3, el consumo de alimento (MS) por semana fue de 69.73 kg., lo que significa un consumo de alimento en MS por día de 9.96 kg/tratamiento (1 kg. MS/animal), mientras que a la administración de la dieta 2, el consumo de alimento (MS) por semana fue de 72.44 kg., deduciéndose a partir de ello un consumo de alimento en MS por día de 10.34 kg/tratamiento (1.03 kg. MS/animal); consumo de alimento (MS) que a la aplicación de los niveles de proteína fue normal, así como lo indica Bustinza, A. (2001), quien dice que en condiciones de estabulación y alimentados con pastos cultivados y forrajes, se ha estimado que el consumo de la alpaca, es de 1.8% de su peso vivo.
- Por tanto, el consumo de alimento en MS no es proporcional al % de proteína en la dieta, es decir que no se observa un aumento en la ingestión de MS conforme aumenta el nivel de proteína en la dieta, ya que el consumo de MS por semana fue de 67.85 kg., 72.44 kg. y 69.73 kg. para la dieta 1, 2 y 3 respectivamente, indicándose a partir de ello, que la preferencia en cuanto al consumo de las dietas, tanto en la prueba en corrales como en la prueba en jaulas metabólicas, fue bien marcada para la dieta 2, seguido de la dieta 3 y finalmente la dieta 1.
- Los pesos vivos encontrados a la culminación de la investigación, fueron inferior para la dieta 1 (51.10 kg.), pero ampliamente superiores para la dieta 2 (59.35 kg.) y dieta 3 (59.10 kg.) en relación a los pesos vivos obtenidos por Garnica, J. (1973), quien determinó 55.02 kg. y Soliz, E. (1996), quien obtuvo 52.55 kg., autores que trabajaron con alpacas macho de 4 años de edad; así mismo Bustinza, V. et al. (1993), citado por Soliz, E. (1993), halló 57.10 kg. de peso vivo pero en alpacas macho de 1 a 4 años de edad, en tanto que Calderón, W. et al. (1972), encontró un peso vivo mayor de

aproximadamente 60 kg. a los 4 años de edad, sin cambios apreciables en etapas posteriores, de manera que el peso vivo de las alpacas se estabiliza a los 4 años de edad, siendo la mayor ganancia de peso vivo del año a los 2 años, en cambio la ganancia de peso vivo de los 2 a los 4 años, es más lento y equivalente a lo ganado entre el año y los 2 años de edad, ya que los primeros años de vida de la alpaca corresponden esencialmente al desarrollo corporal y el mayor peso en los siguientes años corresponde a la complementación del desarrollo corporal, desarrollo de la masa muscular y la acumulación de grasa (comportamiento fisiológico que se traduce en la curva de crecimiento), conclusión respaldada por los resultados alcanzados por Ccopa, A. (1974), quien consiguió 38.6 kg., 41.5 kg., 51.9 kg. y 51.1 kg. de peso vivo en alpacas macho de 2, 3, 4 y 5 años de edad respectivamente. Por todo lo expresado queda demostrado que las dietas aplicadas (niveles de proteína) en el presente estudio, influyeron positivamente en el incremento de peso vivo, siendo que además las alpacas con las que se trabajó fueron de entre 2 a 5 años de edad.

- El tratamiento (dieta) suministrado que mayor ganancia de peso vivo reportó a la conclusión de la investigación, fue la dieta 3 con 4.60 kg., seguido de la dieta 1 con 3.85 kg. y finalmente la dieta 2, presento una ganancia inferior de peso vivo de 3.15 kg. al final del ensayo (84 días), deduciéndose a partir de estos datos que la ganancia de peso vivo (PV) por día fue de 45.83 g., 37.50 g. y 54.76 g. para la dieta 1, 2 y 3 respectivamente, ganancia de PV que no fue proporcional al nivel de proteína en la dieta.
- La concentración de albúmina en la sangre es casi proporcional al % de proteína de la dieta, ya que el comportamiento de este metabolito reveló 3.83 g/dl., 4.21 g/dl. y 4.21 g/dl. de albúmina en la sangre al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente.



- Existe un incremento de proteína total en el plasma de la sangre proporcional al nivel de proteína en la dieta, ya que este metabolito en la sangre registró 6.07 g/dl. (dieta 1), 6.54 g/dl. (dieta 2) y 6.63 g/dl. (dieta 3).
- La concentración de creatinina en la sangre no incrementa conforme crece el % de proteína en la dieta, porque la conducta de este metabolito reportó 1.59 mg/dl., 1.71 mg/dl. y 1.17 mg/dl. de creatinina en la sangre al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente.
- La cantidad de ácidos grasos en la sangre no es proporcional al nivel de proteína en la dieta, ya que la concentración de este metabolito en la sangre fue de 148.03 uEq/l. para la dieta 1, 189.77 uEq/l. para la dieta 2 y 169.37 uEq/l. para la dieta 3.
- La concentración de glucosa en la sangre no es equivalente al % de proteína en la dieta, porque el comportamiento de este metabolito reveló 122.77 g/dl., 132.37 g/dl. y 127.11 g/dl. de glucosa en la sangre al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente.
- Existe un incremento de nitrógeno de la urea en el plasma de la sangre proporcional al nivel de proteína en la dieta, ya que la concentración de este metabolito en la sangre reportó 10.80 g/dl. (dieta 1), 13.61 g/dl. (dieta 2) y 17.73 g/dl. (dieta 3).
- A la conclusión del ensayo, el tratamiento (% o nivel de proteína) administrado que mejor conducta reflejo en relación a la concentración de los metabolitos en la sangre, fue la dieta 2, quien reportó incrementos en 4 de los 6 metabolitos estudiados (albúmina, proteína total, creatinina y glucosa), por su lado la dieta 3, reveló incrementos en 3 de los metabolitos (albúmina, proteína total y nitrógeno de la urea), en tanto que la dieta 1, tan solo manifestó incremento en 2 de los metabolitos estudiados (proteína total

y glucosa), del mismo modo debemos indicar que el comportamiento de todas las dietas o tratamientos sin excepción alguna, registraron un decremento irregular apreciable en la concentración de ácidos grasos en la sangre al final de la evaluación, tal como se muestra en el cuadro 16.

**Cuadro 16. Concentración de metabolitos en la sangre a la conclusión de la prueba.**

METABOLITOS	DIETA P1	DIETA P2	DIETA P3
ALBÚMINA (g/dl)	- 0.01	0.31	0.55
TPP (g/dl)	0.67	0.17	0.04
CREATININA (mg/dl)	- 0.11	0.10	- 0.03
ÁC. GRASOS (uEq/l)	- 68.08	- 53.82	- 63.76
GLUCOSA (g/dl)	0.90	2.50	- 2.80
PUN (g/dl)	- 9.90	- 3.80	0.50

➤ A la culminación de la prueba en jaulas metabólicas (último día), la concentración de los metabolitos en la sangre bajo el efecto de los niveles de proteína, no discreparon en su conducta y por lo tanto carecen de significancia estadística, a excepción del metabolito nitrógeno de la urea en el plasma sanguíneo, cuya actitud fue distinta en comparación a los demás metabolitos, ya que registró un incremento en la concentración de nitrógeno de la urea en el plasma de la sangre proporcional al contenido de proteína en la dieta, siendo este incremento de 9.36 g/dl., 12.06 g/dl. y 13.73 g/dl. al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente.

➤ La ingestión de Nitrógeno por día es mayor conforme aumenta el % de proteína en la dieta (nivel de nitrógeno), siendo así que el N ingerido/día fue de 11.46 g. (dieta 1), 17.35 g. (dieta 2) y 21.21 g. (dieta 3); diferencia estadística significativa reportada en la que no influyó la cantidad de alimento consumido en MS por día (estadísticamente no significativo).

- Existe un incremento en la excreción de Nitrógeno a través de la orina durante el día, proporcional al nivel de proteína en la dieta (% de nitrógeno), reflejo de ello el N excretado/día fue de 5.78 g. para la dieta 1, 8.19 g. para la dieta 2 y 11.64 g. para la dieta 3.
- La excreción total de Nitrógeno mediante las heces y la orina por día, crece conforme aumenta el % de Nitrógeno en la dieta (nivel de proteína), ya que el N total excretado/día fue de 10.64 g., 13.80 g. y 17.03 g. al consumo de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente; excreción total de N/día registrado, proporcional al N ingerido/día.
- Existe un incremento significativo en el % de digestibilidad del Nitrógeno, proporcional al nivel de proteína en la dieta, por lo que los % de Nitrógeno digestible revelaron un 57.58% (dieta 1), 67.88% (dieta 2) y 75.21% (dieta 3), equivalentes a 6.60 g., 11.78 g. y 15.95 g. de N digestible/día al suministro de la dieta 1, 2 y 3 respectivamente, determinándose a partir de ello que el grado de asimilación o incorporación de la proteína en el organismo de la alpaca, fue mayor a la aplicación de la dieta 3, regular al consumo de la dieta 2 y menor a la provisión de la dieta 1; en relación a esta variable de estudio, es necesario argüir que los promedios de % de Nitrógeno digestible encontrados para cada dieta (tratamiento) y por consiguiente el promedio general, son ampliamente superiores al obtenido por Huasasquiche (1974), quien valoró 45.5% de N digestible a la administración de 4 niveles de proteína (6.5%, 10.5%, 14.0% y 17.5% de PC).
- La digestibilidad del Nitrógeno (digestibilidad de la proteína), estadísticamente no depende de la cantidad de alimento consumido (MS), del balance de Nitrógeno, ni del % de digestibilidad del alimento consumido (MS), sino de la cantidad de Nitrógeno ingerido diariamente y el nivel o % de proteína ofrecido en la dieta.

Por consiguiente para el presente trabajo de investigación, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula para las variables de estudio: componentes de la sangre (corrales), componentes de la sangre solo para el metabolito nitrógeno de la urea en el plasma sanguíneo y digestibilidad de la proteína (jaulas metabólicas), siendo que al suministro de los niveles de proteína exhibieron diferencia estadística; mientras tanto, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula para las variables de estudio: peso vivo, peso de los órganos internos (corrales), componentes de la sangre excepto para el metabolito nitrógeno de la urea en el plasma sanguíneo y balance de Nitrógeno (jaulas metabólicas), por no presentar discrepancia sino similitud estadística a la aplicación de los niveles de proteína.

LITERATURA CITADA

## LITERATURA CITADA

- ABASTO, P. 1993. Composición Química y Digestibilidad de Forrajes Nativos en el Altiplano Boliviano. Cochabamba, Bolivia. Tesis de Grado para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo U.M.S.S. - F.C.A.P. 82 p.
- ADONELL, J. 1970. La Producción de Carne. Barcelona, España. SINTES. p. 229.
- ALCERRECA, H. et al. 1991. Valor de los Alimentos para la Ganadería Andina. La Paz, Bolivia. IBTA/SR. - CRPS/001. 82 p. (Serie Técnica).
- AYALA, E. 1976. Como Mejorar la Alimentación Animal. Barcelona, España. p. 10-11.
- BATEMAN, J. 1970. Nutrición Animal; Manual de Métodos Analíticos. México, D.F. Agencia para el Desarrollo Interamericano Herrera Hnos. SUCESORES, S.A. p. 468.
- BATH, L. et al. 1989. Ganado Lechero; Principios, Practicas, Problemas y Beneficios. 2 ed. México, D.F. CALIPSO. p. 165-166.
- BLANCOURT, J. 1995. Suplemento Alimenticio en Llamas (*Lama glama*) a Base de Residuos de Cosecha. Oruro, Bolivia. Tesis de Grado para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo U.T.O. - F.C.A.P.
- BUSTINZA, V. 1989. La Importancia de los Camélidos Sudamericanos Domésticos para el Desarrollo Andino; En Manejo y Mejoramiento de Alpacas. Curso Avanzado Internacional. Puno, Perú. P.A.C. - Oruro.

- BUSTINZA, A. 2001. La Alpaca; Conocimiento del Gran Potencial Andino. Puno, Perú. Oficina de Recursos del Aprendizaje. v. 1, p. 1-17, 27-29, 44-46, 336-337, 353-360. (Sección Publicaciones - UNA - Puno).
- CALDERÓN, W. et al. 1972. Peso Vivo y Rendimiento de Canal en la Alpaca. Lima, Perú. I.V.I.T.A. - U.N.M.S.M. p. 5-9.
- CALLE, R. 1982. Producción y Mejoramiento de la Alpaca. Lima, Perú. ABRIL. p. 82-89.
- CAÑAS, R. 1995. Alimentación y Nutrición Animal. Santiago, Chile. (Colección en Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile).
- CARDOZO, A. 1954. Los Auquénidos. La Paz, Bolivia. p. 28-30, 75-79, 93-94.
- CARPIO, M. 1991. Camélidos y Socio Economía Andina; En Producción de Rumiantes Menores Alpacas. Cesar Novoa - Arturo Flores Editores. 27 p.
- CASTRO, J. et al. 1989. Manual de Laboratorio de Nutrición Animal. Huancayo, Perú. Facultad de Zootecnia. U.N.C.P.
- CCOPA, A. 1974. Peso Vivo y Rendimiento de Canal por Edades y Sexos en Alpacas Tipo Huacaya. Puno, Perú. Tesis de Grado para optar el Título de Méd. Vet. Zot. U.N.A.T.A. 58 p.
- CHIRI, R. 2002. Camélidos Sudamericanos. Oruro, Bolivia. U.T.O. - F.C.A.P. 147 p.
- CHURCH, D. 1993. El Rumiante; Fisiología Digestiva y Nutrición. Zaragoza, España. ACRIBIA. p. 137-141, 200-204, 255-282, 374-375.

- CHURCH, D. et al. 1977. Bases Científicas para la Nutrición y Alimentación de los Animales Domésticos. Zaragoza, España. p. 141-158, 421-446.
- CHURCH, D. et al. 1987. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. México, D.F. LIMUSA. p. 51-55, 81, 88, 93.
- CONCELLON, A. 1978. Nutrición Animal Práctica. 2 ed. Barcelona, España. A.E.D.O.S. p. 194-198.
- EMI – SEMINARIO 2. 1999. Seminario de Reproducción y Nutrición de Camélidos Sudamericanos. La Paz, Bolivia. Unidad Ejecutora del Proyecto de Camélidos. C.A.F. - Fondo de Desarrollo Campesino - F.I.D.A. p. 26.
- FERNÁNDEZ – BACA. 1971. "La Alpaca"; Reproducción y Crianza. Lima, Perú. Facultad de Medicina y Veterinaria U.N.M.S.M. (Boletín de divulgación I.V.I.T.A N° 7).
- FERNÁNDEZ – BACA. 1991. Avances y Perspectivas del Conocimiento de los Camélidos Sudamericanos. Santiago de Chile, Chile. F.A.O. - Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 428 p.
- FLORES, A. 1992. Manual de Forrajes para las Zonas Áridas y Semiáridas Andinas. p. 247.
- FLORES, A. et al. 1992. Manual de Forrajes para Zonas Áridas y Semiáridas Andinas. Convenio Universidad de California e Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Agroindustriales (I.N.I.D.A.).
- FRANKLIN, W. 1992. Biología y Relaciones de los Camélidos Sudamericanos con el Hombre. Trad. del Ingles por Bustinza, J. en Prensa. Oruro,

Bolivia. Special Publications Pymatuning Laboratory of Ecology. p. 457-533.

GARNICA, J. 1973. Peso Vivo y Relaciones con el Peso de los Principales Órganos Internos de la Alpaca Tipo Huacaya. Puno, Perú. Tesis de Grado para optar el Título de Méd. Vet. Zot. U.N.T.A. 55 p.

GOYES, B. 1988. Nutrición Animal. Bogota, Colombia. Centro de Enseñanza Escolarizada. p. 37, 45, 77-78, 123-125, 165.

REYNA, A. 1995. Efectos de la Dieta de Manteca en el Alimento sobre la [http://www.agrobit.com.ar/Info\\_tecnica/Ganaderia/prod\\_lechera/GA00015pr.htm](http://www.agrobit.com.ar/Info_tecnica/Ganaderia/prod_lechera/GA00015pr.htm)

[http://www.tuotromedico.com/temas/indice\\_analisis.htm](http://www.tuotromedico.com/temas/indice_analisis.htm)

[http://www.tuotromedico.com/temas/proteinas\\_en\\_sangre.htm](http://www.tuotromedico.com/temas/proteinas_en_sangre.htm)

MAYNARD, L. et al. 1975. Nutrición Animal. 3 ed. México, D.F. Hispano - Americano (U.T.E.H.A). p. 362-367, 377-378, 405.

MAYNARD, L. et al. 1992. Nutrición Animal. México, D.F. PRENSA TÉCNICA, S.A. p. 38-44, 255-282.

MAYNARD, L. et al. 1998. Nutrición Animal. 4 ed. México, D.F. DIAGRÁFICOS UNIÓN, S.A. p. 144-191.

MCDONALD, P. et al. 1979. Nutrición Animal. Trad. del Ingles por la Dra. Aurora Pérez Torrrome. 2 ed. Zaragoza, España. ACRIBIA. p. 139, 143-144, 184-189, 242-244, 247-249, 255-257.

MONTES, R. 1981. Evaluación del Bagazo de Maguey Tequilero (*Agave tequilaza*) como Ingrediente en Raciones para Rumiantes. Chapingo,

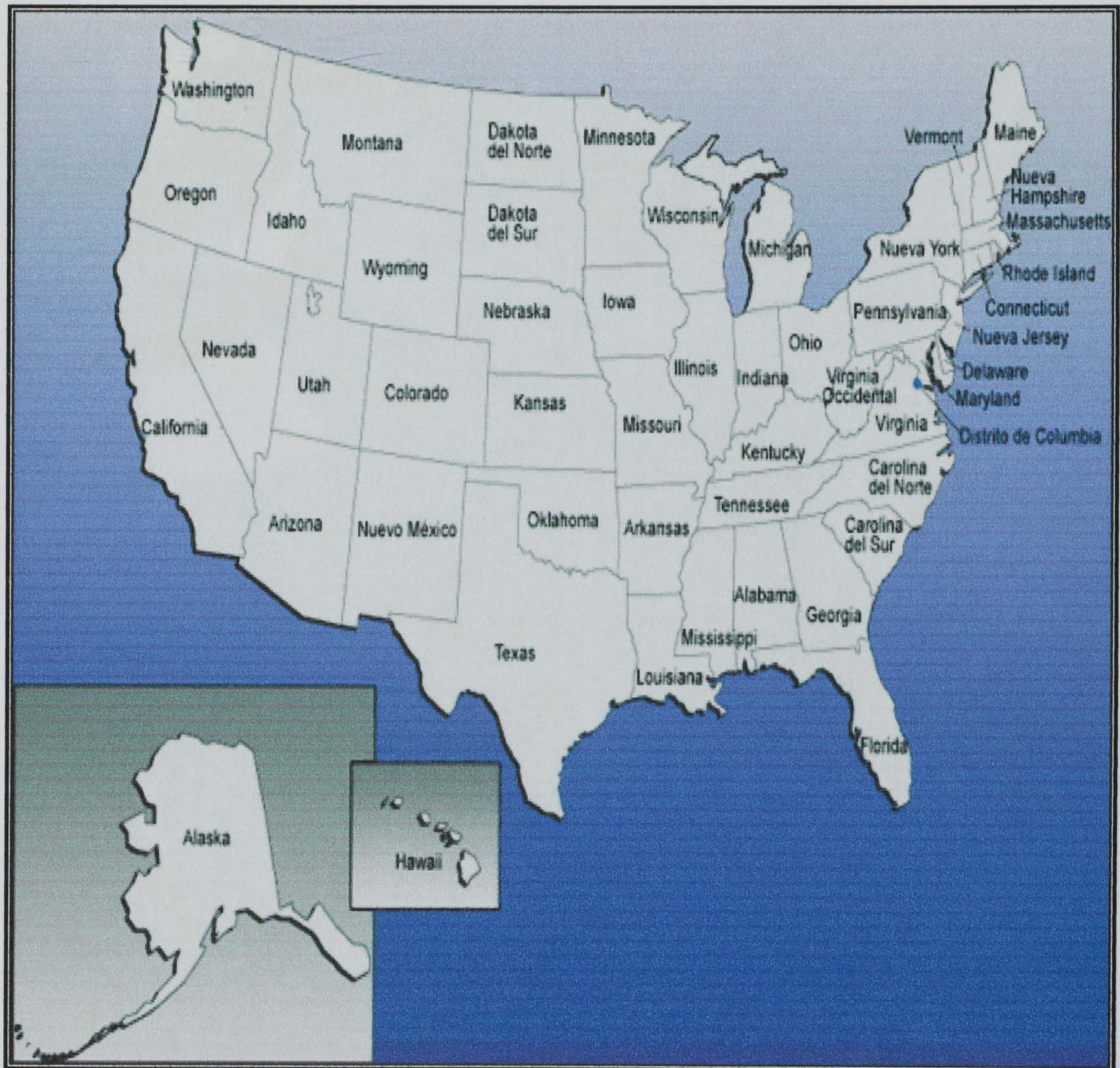


- México. Tesis de Master en Ciencias. Colegio de Postgraduados. I.E.I.C.A. 80 p.
- MORRISON, F. 1994. Compendio de Alimentación del Ganado. 2 ed. México, D.F. LIMUSA, S.A. p. 8-9, 25-27, 54-58.
- ORSKOV, E. 1988. Nutrición Proteica de los Rumiantes. Zaragoza, España. ACRIBIA, S.A. p. 83, 90-91, 98-99.
- REYNA, A. 1995. Efectos de la Dicción de Metionina en el Alimento sobre la Producción de Pelo Angora (*Oryctolagus cunicus*). Oruro, Bolivia. Tesis de Grado para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo U.T.O. -F.C.A.P. p. 13, 21-22.
- RUIZ, M. et al. 1990. Nutrición de Rumiantes; Guía Metodológica de Investigación. San José, Costa Rica. A.L.P.A. I.I.C.A. R.I.S.P.A.L. p. 3-29, 127-165.
- SAN MARTÍN, F. 1996. Nutrición en Alpacas y Llamas. Lima, Perú. Convenio IVITA - CISA (Coordinadora Interinstitucional del Sector Alpaquero). Programa Ecología y Desarrollo Sostenible del Sector de Camélidos Andinos. (Publicación Científica IVITA N° 27). 29 p.
- SAN MARTÍN, F. et al. 1987. Nutrición de los Camélidos Sudamericanos; Estado de Nuestro Conocimiento. Texas, EE.UU. College of Agruculture Sciencies y Texas Teach University. 67 p. (Artículo técnico T9 – 505).
- SOLIZ, E. 1996. Estudio Comparativo del Rendimiento de Canal y Órganos de Ovinos (*Ovis aries*), Alpaca (*Lama pacus*) y Llamas (*Lama glama*) en la Zona de Turco. Oruro, Bolivia. Tesis de Grado para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. U.T.O. - F.C.A.P. 115 p.

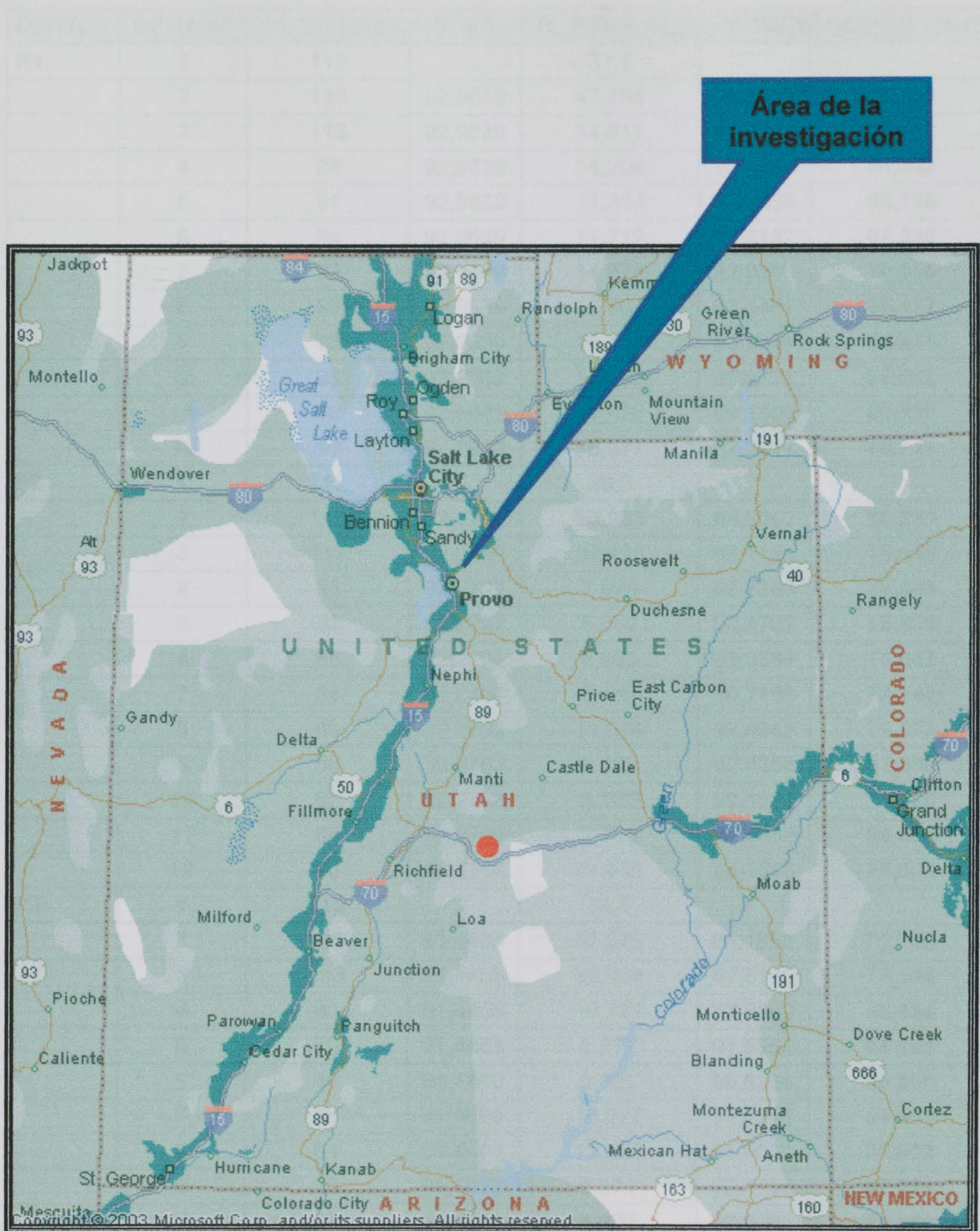
SOLIZ, R. 1999. Producción de Camélidos Sudamericanos. Cerro de Pasco, Perú. p. 163-178.

VILLARROEL, J. 1988. Cuarto Curso de Nutrición Animal. Cbba, Bolivia. U.M.S.S.

Anexo 1. Mapa geográfico de Estados Unidos.



Anexo 2. Mapa geográfico del Estado de Utah (EE.UU.).



## Anexo 3. Consumo de Alimento (MS) por Semana.

DIETA	SEMANA	AL.OFR.(kg)	% MS	AL.RECH.(kg)	% MS	CAS (MS) (kg)
P1	1	112		37,5		
	2	113	92,9639	47,194	70,4463	71,803
	3	113	92,9639	34,611	91,2325	73,473
	4	84	92,9639	14,204	93,1193	64,863
	5	81	92,9639	11,344	89,7959	65,115
	6	84	92,9639	11,712	91,8182	67,336
	7	90	92,9639	14,678	92,0593	70,155
	8	88	92,9639	13,560	93,1487	69,177
	9	73	92,9639	10,154	93,0931	58,411
	10	96	92,9639	14,558	90,9722	76,002
	11	82	92,9639	17,826	89,1608	60,337
	12	90	92,9639	15,977	87,2517	69,727
P2	1	112		28,5		
	2	113	92,2702	36,983	64,9002	80,263
	3	113	92,2702	30,425	93,1151	75,935
	4	86	92,2702	7,875	92,7393	72,049
	5	81	92,2702	5,352	90,4762	69,896
	6	86	92,2702	6,905	91,0384	73,067
	7	88	92,2702	8,882	90,7186	73,140
	8	89	92,2702	11,074	92,4942	71,877
	9	80	92,2702	6,286	92,8358	67,980
	10	85	92,2702	8,182	90,4924	71,025
	11	84	92,2702	9,765	86,4952	69,061
	12	90	92,2702	11,958	88,1510	72,502
P3	1	112		36,5		
	2	113	91,4403	47,575	64,1959	72,786
	3	113	91,4403	32,928	91,5175	73,192
	4	83	91,4403	10,721	93,2862	65,894
	5	79	91,4403	8,272	91,5952	64,661
	6	80	91,4403	8,101	90,6396	65,809
	7	86	91,4403	10,227	90,6377	69,369
	8	84	91,4403	12,220	91,6667	65,608
	9	80	91,4403	6,371	92,1136	67,284
	10	85	91,4403	4,906	90,9263	73,263
	11	86	91,4403	6,932	88,9868	72,470
	12	91	91,4403	7,659	85,7369	76,644

AL. OFR. = Alimento Ofrecido

AL. RECH. = Alimento Rechazado

CAS = Consumo de Alimento (MS) por Semana

**Anexo 4.** Comparación de Medias entre Dietas para el Consumo de Alimento (MS) por Semana.

VARIABLE	DIETA			Pr > F
	P1	P2	P3	
CONS. AL. (MS)/SEM. (kg)	67,85	72,44	69,73	0,011 **

\*\* Altamente significativo

**Anexo 5.** Consumo de Alimento (MS) por Semana.

DIETA	Pr > F
P1 - P3	0,1873 ns
P2 - P1	0,0032 **
P3 - P2	0,0619 ns

ns No significativo

\*\* Altamente Significativo

**Anexo 6.** Peso Vivo (PV).

DIETA	ALPACA	DÍA						
		0	14	28	42	56	70	84
P1	P1	41,5	41,5	42	42	43,5	45	46,5
	P2	30,5	31,5	31	33	34,5	33	35
	P3	29,5	28	27	30	30,5	32	34,5
	P4	30,5	30	29	29	29,5	31	33
	P5	42	42	41,5	42,5	44	45	45,5
	P6	62	64	67	65	70	70	70
	P7	57,5	56,5	56,5	58	57,5	59,5	59,5
	P8	65	66	65	67	68	66,5	66,5
	P9	59,5	63	64	64	67	63,5	65,5
	P10	54,5	53	54	52,5	54	55	55
P2	P1	55,5	55,5	55,5	57	61	59,5	57
	P2	42,5	43	41	44	45	43	44
	P3	27	28	26,5	28,5	30	29,5	31
	P4	50,5	50,5	50,5	51	53	53,5	54
	P5	62,5	64	65	65	68	67	69
	P6	76	81,5	82,5	84,5	86	86,5	83
	P7	44	44,5	46	47	49,5	50	53
	P8	79	77	79	78	77,5	77	78,5
	P9	52,5	52	52,5	53,5	54,5	51	52
	P10	72,5	75	73,5	72,5	79	71,5	72
P3	P1	44,5	44	45	44,5	45,5	47,5	48,5
	P2	42	43,5	44,5	45,5	46	47	48,5
	P3	24,5	25	26	25,5	30	31,5	31,5

	<b>P4</b>	44,5	44,5	46,5	48	49,5	49,5	49
	<b>P5</b>	62,5	62,5	63	64,5	64,5	65,5	68,5
	<b>P6</b>	64	62	62,5	64	67	64,5	65
	<b>P7</b>	64,5	65,5	68	67	68,5	70	71,5
	<b>P8</b>	73,5	73,5	73,5	72	73,5	75	77,5
	<b>P9</b>	71,5	72	74	72	73	75	73,5
	<b>P10</b>	53,5	53	54,5	53	56	57,5	57,5

**Anexo 7.** Análisis de Varianza para el Peso Vivo al día 0.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	2	451,850	225,925	0,950 ns	0,398
<b>Error</b>	27	6391,725	236,731		
<b>Total</b>	29	6843,575			

*ns* No significativo

*CV* = 29.22%

*Media* = 52.65 kg.

**Anexo 8.** Análisis de Varianza para el Peso Vivo al día 84.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	2	440,417	220,208	0,980 ns	0,388
<b>Error</b>	27	6063,325	224,568		
<b>Total</b>	29	6503,742			

*ns* No significativo

*CV* = 26.52%

*Media* = 56.52 kg.

**Anexo 9.** Análisis de Varianza para la ganancia de Peso Vivo al final de la investigación.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	2	10,517	5,258	0,740 ns	0,486
<b>Error</b>	27	191,450	7,091		
<b>Total</b>	29	201,967			

*ns* No significativo

*CV* = 68.87%

*Media* = 3.87 kg.

## Anexo 10. Análisis de Varianza para el Peso Corporal al faeneo.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	2	597,287	298,643	1,350 ns	0,277
Error	27	5985,661	221,691		
Total	29	6582,948			

ns No significativo

CV = 26.88%

Media = 55.39 kg.

## Anexo 11. Análisis de Varianza para el Peso Corporal al faeneo (cuatro niveles de proteína).

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	3	623,760	207,920	1,120 ns	0,355
Error	36	6695,579	185,988		
Total	39	7319,339			

ns No significativo

CV = 24.41%

Media = 55.86 kg.

## Anexo 12. Peso de los Órganos Internos.

DIETA	ALPACA	PESO (g)						
		CORAZÓN	HÍGADO	PULMÓN	RIÑÓN	BAZO	CEREBRO	MÚSCULO
P1	P1	212	595,5	298,5	98	47,5	147	119,5
	P2	175	511,5	337,5	98	35,5	150	98,5
	P3	168	414,5	350,5	84,5	31,5	132	81,5
	P4	155	424	234,5	68	15,5	130	87
	P5	186,5	522	412,5	81	34	148	159,5
	P6	298,5	881	404	160	73	162	170,5
	P7	288,5	775,5	386	107	70,5	184	218,5
	P8	328	880,5	438,5	162	65,5	168	206,5
	P9	327,5	861	440,5	120	51	151	183
	P10	244,5	621	343,5	110,5	39	143	146,5
P2	P1	281,5	658,5	369	112,5	50,5	156,5	177
	P2	218	675	347,5	109	49	156	149
	P3	179	354	287	82,5	20	132	96
	P4	268	704,5	412,5	124,5	39	162	152,5
	P5	281,5	911,5	449,5	144	98	167,5	292,5
	P6	458	976	513	165	105	180	259
	P7	303,5	661,5	334,5	162,5	51,5	168	167,5
	P8	335	1049,5	464	141	77,5	171	262
	P9	281	669,5	444	126	55	168	144



	P10	404	1033	482	174	56,5	219,5	201,5
P3	P1	248,5	713,5	350	107,5	55,5	160	158,5
	P2	223	586	386	97,5	52,5	135	172,5
	P3	174,5	515	246,5	82	37,5	125	82
	P4	227	612,5	316,5	115	54,5	200	149
	P5	375	1075,5	467,5	173,5	73,5	170	194,5
	P6	326	796	537	126,5	66	170	194
	P7	390	909	415,5	163,5	66	155	197,5
	P8	437,5	1112,5	675,5	147	80,5	160	224
	P9	363,5	912,5	494,5	161,5	80,5	190	197,5
	P10	277,5	735,5	443	144	41	160	153,5
P4	P1	303	636	338,5	114	43	166	175,5
	P2	273	848,5	474	161	72,5	179	158
	P3	327	806	377,5	145,5	78,5	166	194,5
	P4	376	821	436	139,5	100,5	142,5	201
	P5	181	510,5	309	88	41	175	110,5
	P6	323,5	829,5	356,5	133,5	78,5	170,5	237,5
	P7	300	799	483	142,5	66,5	141,5	222
	P8	328	660	424	113,5	58,5	159,5	209
	P9	272,5	716	550	128	52	176,5	168,5
	P10	271,5	657,5	374,5	103	59	173,5	190

### Anexo 13. Análisis de Varianza para el Peso del Corazón.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	3	29122,875	9707,625	1,810 ns	0,163
Error	36	193327,100	5370,197		
Total	39	222449,975			

ns No significativo

CV = 25.73%

Media = 284.78 g.

### Anexo 14. Análisis de Varianza para el Peso del Corazón con respecto al Peso Corporal (%).

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	3	8,205E-07	2,735E-07	0,870 ns	0,463
Error	36	0,00001126	0,00000031		
Total	39	0,00001208			

ns No significativo

CV = 10.94%

Media = 0.51%

**Anexo 15.** Análisis de Varianza para el Peso del Hígado.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	3	124931,319	41643,773	1,220 ns	0,315
<b>Error</b>	36	1225007,125	34027,976		
<b>Total</b>	39	1349938,444			

*ns* No significativo

*CV* = 25.07%

*Media* = 735.79 g.

**Anexo 16.** Análisis de Varianza para el peso del Hígado con respecto al Peso Corporal (%).

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	3	9,835E-06	3,278E-06	1,760 ns	0,172
<b>Error</b>	36	0,00006696	0,00000186		
<b>Total</b>	39	0,00007679			

*ns* No significativo

*CV* = 10.30%

*Media* = 1.32%

**Anexo 17.** Análisis de Varianza para el Peso del Pulmón.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	3	25087,400	8362,467	1,120 ns	0,354
<b>Error</b>	36	268836,700	7467,686		
<b>Total</b>	39	293924,100			

*ns* No significativo

*CV* = 21.33%

*Media* = 405.10 g.

**Anexo 18.** Análisis de Varianza para el Peso del Pulmón con respecto al Peso Corporal (%).

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	3	2,940E-06	9,799E-07	0,560 ns	0,645
<b>Error</b>	36	0,00006308	0,00000175		
<b>Total</b>	39	0,00006602			

*ns* No significativo

*CV* = 17.80%

*Media* = 0.74%

**Anexo 19.** Análisis de Varianza para el Peso del Cerebro.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	3	1558,769	519,590	1,450 ns	0,246
<b>Error</b>	36	12936,225	359,340		
<b>Total</b>	39	14494,994			

*ns* No significativo

*CV* = 11.72%

*Media* = 161.76 g.

**Anexo 20.** Análisis de Varianza para el Peso del Cerebro con respecto al Peso Corporal (%).

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	3	8,250E-07	2,750E-07	0,530 ns	0,662
<b>Error</b>	36	0,00001852	0,00000051		
<b>Total</b>	39	0,00001934			

*ns* No significativo

*CV* = 23.52%

*Media* = 0.31%

**Anexo 21.** Análisis de Varianza para el Peso del Bazo.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	3	1982,769	660,923	1,660 ns	0,194
<b>Error</b>	36	14369,825	399,162		
<b>Total</b>	39	16352,594			

*ns* No significativo

*CV* = 34.41%

*Media* = 58.06 g.

**Anexo 22.** Análisis de Varianza para el Peso del Bazo con respecto al Peso Corporal (%).

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	3	0,00000023	0,00000008	1,980 ns	0,134
<b>Error</b>	36	1,420E-06	3,945E-08		
<b>Total</b>	39	1,655E-06			

*ns* No significativo

*CV* = 19.39%

*Media* = 0.10%

**Anexo 23.** Análisis de Varianza para el Peso del Riñón.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	3	3910,019	1303,340	1,610 ns	0,205
<b>Error</b>	36	29209,425	811,373		
<b>Total</b>	39	33119,444			

*ns* No significativo

*CV* = 22.71%

*Media* = 125.41 g

**Anexo 24.** Análisis de Varianza para el Peso del Riñón con respecto al Peso Corporal (%).

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	3	6,932E-08	2,311E-08	0,200 ns	0,894
<b>Error</b>	36	4,116E-06	1,143E-07		
<b>Total</b>	39	4,185E-06			

*ns* No significativo

*CV* = 14.83%

*Media* = 0.23%

**Anexo 25.** Análisis de Varianza para el Peso del Músculo.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	3	11457,269	3819,090	1,660 ns	0,193
<b>Error</b>	36	82788,425	2299,678		
<b>Total</b>	39	94245,694			

*ns* No significativo

*CV* = 27.55%

*Media* = 174.04 g.

**Anexo 26.** Análisis de Varianza para el Peso del Músculo con respecto al Peso Corporal (%).

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	3	5,068E-07	1,689E-07	0,990 ns	0,407
<b>Error</b>	36	6,120E-06	1,700E-07		
<b>Total</b>	39	6,627E-06			

*ns* No significativo

*CV* = 13.27%

*Media* = 0.31%

**Anexo 27.** Comparación de Medias para el Peso Corporal al faeneo, Peso de los Órganos Internos y Peso de los Órganos Internos con respecto al Peso Corporal.

ÓRGANO	DIETA			DIETA	SEM	Pr > F
	P1	P2	P3	P4		
PC (kg)	49,23	59,64	57,32	57,27	4,31	0,3546 ns
CORAZÓN (kg)	0,24	0,30	0,30	0,30	23,17	0,1632 ns
COR_PC (%)	0,49	0,51	0,53	0,52	0,02	0,4632 ns
HIGADO (kg)	0,65	0,77	0,80	0,73	58,33	0,3151 ns
HIG_PC (%)	1,33	1,29	1,40	1,28	0,04	0,1717 ns
PULMÓN (kg)	0,36	0,41	0,43	0,42	27,33	0,3539 ns
PUL_PC (%)	0,78	0,71	0,76	0,73	0,04	0,6454 ns
RIÑÓN (kg)	0,11	0,13	0,13	0,13	9,01	0,2049 ns
RIÑ_PC (%)	0,23	0,23	0,23	0,22	0,01	0,8942 ns
BAZO (kg)	0,05	0,06	0,06	0,07	6,32	0,1938 ns
BAZ_PC (%)	0,09	0,10	0,11	0,11	0,01	0,1339 ns
CEREBRO (kg)	0,15	0,17	0,16	0,17	5,99	0,2456 ns
CER_PC (%)	0,33	0,30	0,30	0,30	0,02	0,6615 ns
MÚSCULO (kg)	0,15	0,19	0,17	0,19	15,16	0,1927 ns
MÚS_PC (%)	0,30	0,32	0,30	0,33	0,01	0,4068 ns

ns No significativo

**Anexo 28.** Comparación de Medias entre Dietas para la Concentración de Metabolitos en la Sangre (Corrales).

METABOLITO	DIETA			SEM	Pr > F
	P1	P2	P3		
ALBÚMINA (g/dl)	3,83	4,21	4,21	0,07	0,0001 **
TPP (g/dl)	6,07	6,54	6,63	0,08	< 0,0001 **
CREATININA (mg/dl)	1,59	1,71	1,17	0,06	< 0,0001 **
ÁC. GRASOS (uEq/l)	148,03	189,77	169,37	12,11	0,0378 *
GLUCOSA (g/dl)	122,77	132,37	127,11	2,08	0,0026 **
PUN (g/dl)	10,80	13,61	17,73	0,74	< 0,0001 **

\* Significativo

\*\* Altamente significativo

SEM = Error Estándar de la Media

**Anexo 29.** Comparación de Medias entre Dietas \* Día para la Concentración de Metabolitos en la Sangre (Corrales).

METABOLITO	DÍA	DIETA			Pr > F
		P1	P2	P3	
ALBÚMINA (g/dl)	0	3,80	3,96	3,83	0,0001 **
	14	3,83	4,28	4,17	0,0001 **
	28	3,79	4,33	4,17	0,0001 **
	42	3,91	4,26	4,30	0,0001 **
	56	3,84	4,14	4,26	0,0001 **
	70	3,84	4,25	4,39	0,0001 **
	84	3,79	4,27	4,38	0,0001 **
	TPP (g/dl)	0	5,47	6,37	6,48
14		5,77	6,64	6,81	< 0,0001 **
28		5,95	6,48	6,56	< 0,0001 **
42		6,54	6,66	6,79	< 0,0001 **
56		6,35	6,42	6,58	< 0,0001 **
70		6,25	6,65	6,71	< 0,0001 **
84		6,15	6,53	6,52	< 0,0001 **
CREATININA (mg/dl)		0	1,56	1,57	1,14
	14	1,53	1,46	1,04	< 0,0001 **
	28	1,61	1,81	1,01	< 0,0001 **
	42	1,77	1,78	1,36	< 0,0001 **
	56	1,63	1,87	1,24	< 0,0001 **
	70	1,55	1,81	1,28	< 0,0001 **
	84	1,45	1,67	1,12	< 0,0001 **
	ÁC. GRASOS (uEq/l)	0	192,44	237,07	201,34
14		140,69	183,10	182,11	0,0378 *
28		154,97	177,82	146,37	0,0378 *
42		140,42	173,53	174,51	0,0378 *
56		140,22	188,33	194,56	0,0378 *
70		143,09	185,28	149,10	0,0378 *
84		124,36	183,25	137,58	0,0378 *
GLUCOSA (g/dl)		0	120,00	130,90	128,70
	14	119,50	122,30	122,60	0,0026 **
	28	114,90	132,90	124,30	0,0026 **
	42	124,70	132,10	128,80	0,0026 **
	56	134,60	132,40	129,20	0,0026 **
	70	124,80	142,60	130,30	0,0026 **
	84	120,90	133,40	125,90	0,0026 **
	PUN (g/dl)	0	15,80	16,20	15,60
14		12,60	17,50	20,10	< 0,0001 **
28		12,80	16,60	20,10	< 0,0001 **

	<b>42</b>	10,40	12,10	19,60	< 0,0001 **
	<b>56</b>	10,90	10,30	16,00	< 0,0001 **
	<b>70</b>	7,20	10,20	16,60	< 0,0001 **
	<b>84</b>	5,90	12,40	16,10	< 0,0001 **

\* *Significativo*

\*\* *Altamente significativo*

**Anexo 30.** Análisis de Varianza para la Concentración de Albúmina en la Sangre.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	2	0,307	0,154	1,390 ns	0,282
<b>Error</b>	14	1,549	0,111		
<b>Total</b>	16	1,857			

*ns* No significativo

*CV* = 8.09%

*Media* = 4.11 g/dl.

**Anexo 31.** Análisis de Varianza para la Concentración de Proteína Total en la Sangre.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	2	0,079	0,040	0,110 ns	0,900
<b>Error</b>	14	5,216	0,373		
<b>Total</b>	16	5,295			

*ns* No significativo

*CV* = 9.11%

*Media* = 6.70 g/dl.

**Anexo 32.** Análisis de Varianza para la Concentración de Creatinina en la Sangre.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	2	0,097	0,049	0,710 ns	0,510
<b>Error</b>	14	0,962	0,069		
<b>Total</b>	16	1,059			

*ns* No significativo

*CV* = 20.50%

*Media* = 1.28 mg/dl.

**Anexo 33.** Análisis de Varianza para la Concentración de Ácidos Grasos en la Sangre.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	2	17175,407	8587,703	0,470 ns	0,634
<b>Error</b>	14	254897,211	18206,944		
<b>Total</b>	16	272072,618			

*ns* No significativo

*CV* = 49.19%

*Media* = 274.29  $\mu$ Eq/l.

**Anexo 34.** Análisis de Varianza para la Concentración de Glucosa en la Sangre.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
<b>Dieta</b>	2	2311,281	1155,641	1,040 ns	0,379
<b>Error</b>	14	15551,152	1110,797		
<b>Total</b>	16	17862,433			

*ns* No significativo

*CV* = 23.64%

*Media* = 140.97 g/dl.

**Anexo 35.** Concentración de Nitrógeno de la Urea en el Plasma de la Sangre.

DIETA	ALPACA	PUN (mg/dl)
<b>P1</b>	<b>M 245</b>	8
	<b>M 263</b>	7
	<b>M 141</b>	8
	<b>S 578</b>	9
	<b>M 303</b>	11
	<b>S 667</b>	13
<b>P2</b>	<b>M 245</b>	9
	<b>M 263</b>	13
	<b>M 141</b>	12
	<b>S 578</b>	13
	<b>M 303</b>	14
	<b>S 667</b>	0
<b>P3</b>	<b>M 245</b>	11
	<b>M 263</b>	16
	<b>M 141</b>	9
	<b>S 578</b>	17
	<b>M 303</b>	17
	<b>S 667</b>	14



**Anexo 36.** Comparación de Medias para la Concentración de Metabolitos en la Sangre (Jaulas Metabólicas).

METABOLITO	DIETA			SEM	Pr > F
	P1	P2	P3		
ALBÚMINA (g/dl)	3,98	4,06	4,29	0,15	0,282 ns
TPP (g/dl)	6,71	6,60	6,77	0,27	0,900 ns
CREATININA (mg/dl)	1,31	1,35	1,18	0,12	0,510 ns
ÁC. GRASOS (uEq/l)	279,10	228,66	307,52	60,34	0,634 ns
GLUCOSA (g/dl)	129,83	158,30	137,68	14,91	0,379 ns
PUN (g/dl)	9,36	12,06	13,73	1,15	0,033 *

ns No significativo

\* Significativo

SEM = Error Estándar de la Media

**Anexo 37.** Nitrógeno de la Urea en el Plasma (PUN).

DIETA	Pr > F
P1 - P3	0,0108 *
P2 - P1	0,1055 ns
P3 - P2	0,3024 ns

ns No significativo

\* Significativo

## Anexo 38. Consumo de Alimento (MS) por día.

ALPACA	DIETA	AL.OFR.(gr)	%MS	AL.RECH.(gr)	%MS	CAD (MS) (g)
M 245	P1	1157,14	92,9639	516,91	92,2310	598,97
M 263	P1	1800,00	92,9639	465,77	87,4366	1266,10
M 141	P1	1200,00	92,9639	413,28	90,0576	743,38
S 578	P1	1314,29	92,9639	440,79	92,1850	815,47
M 303	P1	1200,00	92,9639	694,02	68,6650	639,02
S 667	P1	1200,00	92,9639	318,48	92,7947	820,03
M 245	P2	1700,00	92,2702	441,93	91,3454	1164,91
M 263	P2	1514,29	92,2702	444,46	89,7906	998,15
M 141	P2	1414,29	92,2702	472,45	89,5079	882,08
S 578	P2	1500,00	92,2702	304,58	90,0686	1109,72
M 303	P2	1271,43	92,2702	542,65	74,4526	769,13
M 245	P3	1800,00	91,4403	678,41	88,9052	1042,78
M 263	P3	1700,00	91,4403	276,34	87,9707	1311,39
M 141	P3	1157,14	91,4403	667,12	91,8962	445,04
S 578	P3	1685,71	91,4403	519,54	88,4310	1081,99
M 303	P3	1300,00	91,4403	607,37	54,4896	857,77
S 667	P3	1171,43	91,4403	482,44	92,7239	623,82

*AL. OFR.* = Alimento Ofrecido

*AL. RECH.* = Alimento Rechazado

*CAD* = Consumo de Alimento (MS) por Día

## Anexo 39. Balance y Digestibilidad del Nitrógeno.

DIETA	ALPACA	CAD (MS) (g)	CND (g)	NHD (g)	NOD (g)
P1	M 245	598,97	8,45	3,67	7,14
P1	M 263	1266,10	18,50	8,05	6,63
P1	M 141	743,38	9,98	4,63	4,72
P1	S 578	815,47	11,50	3,88	5,95
P1	M 303	639,02	9,34	3,97	6,61
P1	S 667	820,03	11,01	4,95	3,66
P2	M 245	1164,91	20,33	6,92	6,29
P2	M 263	998,15	17,42	6,22	10,72
P2	M 141	882,08	16,12	4,74	8,19
P2	S 578	1109,72	19,37	6,12	7,47
P2	M 303	769,13	13,48	4,02	8,29
P3	M 245	1042,78	24,60	6,22	11,87
P3	M 263	1311,39	31,31	8,92	14,16
P3	M 141	445,04	10,56	2,60	9,65
P3	S 578	1081,99	25,52	6,52	15,21
P3	M 303	857,77	20,48	5,14	11,14
P3	S 667	623,82	14,80	2,91	7,83

*CAD (MS)* = Consumo de Alimento por Día (MS)

*CND* = Consumo de Nitrógeno por Día

*NHD* = Nitrógeno en las Heces por Día

*NOD* = Nitrógeno en la Orina por Día

Tabla 39. Balance de Nitrógeno y Consumo de Alimento (MS) por día

Dieta	MS	CND	NHD	NOD
2	79738,873	39852,411	0,620 mg	0,552
14	89125,341	64223,239		
15	97384,154			

ns. No significativo

CY = 28,43%

Media = 832,34 g

DIETA	ALPACA	NTE (g)	BAL. N (g)	BALANCE	DIG. AC (%)	DIG. N (%)
P1	M 245	10,80	-2,36	negativo	57,18	56,58
P1	M 263	14,68	3,82	positivo	60,82	56,48
P1	M 141	9,35	0,63	positivo	57,32	53,62
P1	S 578	9,83	1,67	positivo	62,51	66,26
P1	M 303	10,58	-1,24	negativo	61,19	57,52
P1	S 667	8,61	2,40	positivo	59,73	55,02
P2	M 245	13,21	7,12	positivo	61,43	65,95
P2	M 263	16,94	0,48	positivo	55,70	64,29
P2	M 141	12,93	3,19	positivo	63,48	70,61
P2	S 578	13,59	5,78	positivo	67,45	68,41
P2	M 303	12,32	1,16	positivo	60,40	70,14
P3	M 245	18,09	6,51	positivo	64,87	74,72
P3	M 263	23,08	8,23	positivo	62,10	71,51
P3	M 141	12,25	-1,69	negativo	55,22	75,38
P3	S 578	21,73	3,79	positivo	66,31	74,45
P3	M 303	16,28	4,20	positivo	63,99	74,91
P3	S 667	10,74	4,05	positivo	61,89	80,30

*NTE* = Nitrógeno Total Excretado

*BAL. N* = Balance de Nitrógeno

*DIG. AC (MS)* = Digestibilidad del Alimento Consumido (MS)

*DIG. N* = Digestibilidad del Nitrógeno

#### Anexo 40. Análisis de Varianza para el Consumo de Alimento (MS) por día.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	2	79738,823	39869,411	0,620 ns	0,552
Error	14	899125,341	64223,239		
Total	16	978864,164			

*ns* No significativo

*CV* = 28.40%

*Media* = 892.34 g.

**Anexo 41.** Análisis de Varianza para el Nitrógeno Excretado en las Heces por día.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	2	1,659	0,829	0,240 ns	0,786
Error	14	47,453	3,389		
Total	16	49,111			

ns No significativo

CV = 34.98%

Media = 5.26 g.

**Anexo 42.** Análisis de Varianza para el Balance de Nitrógeno.

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	2	37,768	18,884	2,280 ns	0,139
Error	14	116,114	8,294		
Total	16	153,881			

ns No significativo

CV = 102.51%

Media = 2.81 g.

**Anexo 43.** Análisis de Varianza para la Digestibilidad del Alimento Consumido (MS).

FUENTE	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Dieta	2	21,608	10,804	0,870 ns	0,439
Error	14	173,016	12,358		
Total	16	194,624			

ns No significativo

CV = 5.74%

Media = 61.27%

**Anexo 44.** Comparación de Medias para la Digestibilidad de la Proteína (%).

VARIABLE	DIETA				Pr > F
	P1	P2	P3	SEM	
CONS.AL.(MS)/DÍA (g)	813,83	984,80	893,80	113,33	0,5517 ns
CONS. N/DÍA (g)	11,46	17,35	21,21	2,34	0,0195 *
N HECES/DÍA (g)	4,86	5,61	5,39	0,82	0,7862 ns
N ORINA/DÍA (g)	5,78	8,19	11,64	0,90	0,0007 **
N TOTAL EXCRET. (g)	10,64	13,80	17,03	1,51	0,0183 *
BALANCE DE N (g)	0,82	3,55	4,18	1,29	0,1393 ns
DIG.AL.CONS.(MS) (%)	59,79	61,69	62,40	1,57	0,4388 ns
N DIGESTIBLE (%)	57,58	67,88	75,21	1,56	< 0,0001 **

*ns* No significativo

*\** Significativo

*\*\** Altamente significativo

*SEM* = Error Estándar de la Media

**Anexo 45.** Consumo de Nitrógeno por día.

DIETA	Pr > F
P1 - P3	0,0060 **
P2 - P1	0,0842 ns
P3 - P2	0,2419 ns

*ns* No significativo

*\*\** Altamente significativo

**Anexo 46.** Nitrógeno Excretado en la Orina por día.

DIETA	Pr > F
P1 - P3	0,0002 **
P2 - P1	0,0696 ns
P3 - P2	0,0137 *

*ns* No significativo

*\** Significativo

*\*\** Altamente significativo

**Anexo 47.** Nitrógeno Total Excretado.

DIETA	Pr > F
P1 - P3	0,0054 **
P2 - P1	0,1441 ns
P3 - P2	0,1352 ns

*ns* No significativo

*\*\** Altamente significativo

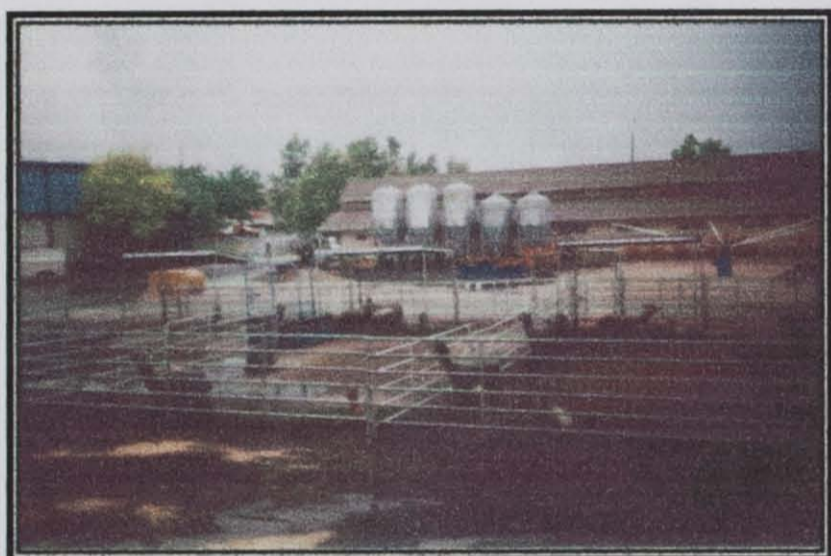
**Anexo 48. Nitrógeno Digestible.**

DIETA	Pr > F
P1 - P3	< 0,0001**
P2 - P1	0,0002 **
P3 - P2	0,0037 **

\*\* *Altamente significativo*

**Anexo 49. Exposición fotográfica.**

**Anexo 49.1. Pruebas en Corrales.**



Estación Experimental de la Universidad Brigham Young.



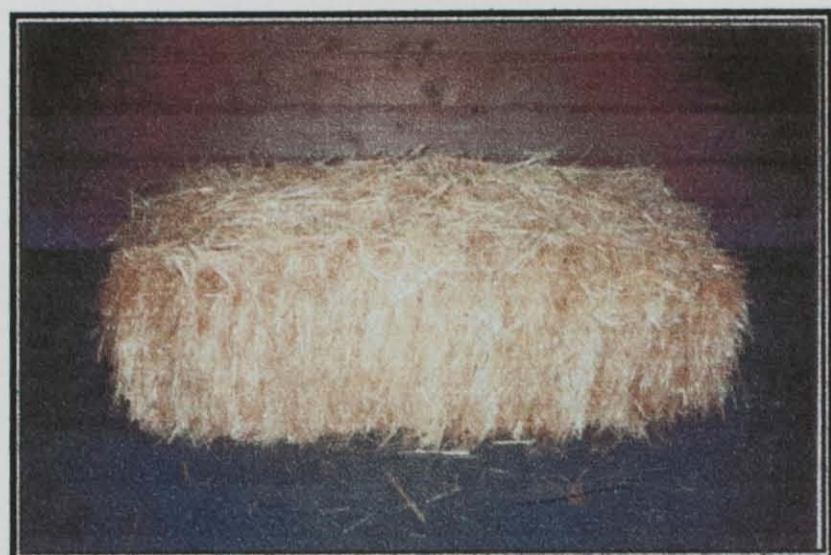
Instalación de Corrales.



Molido de Raygrass.



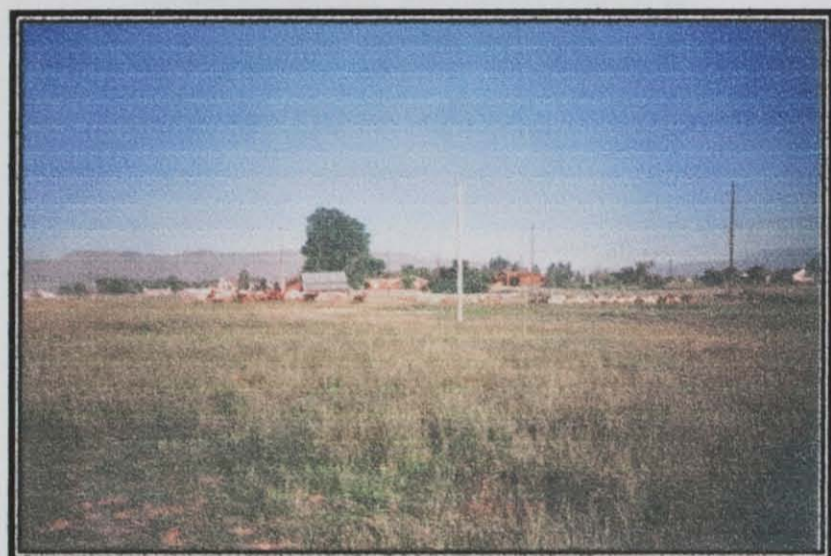
Maíz en hojuelas.



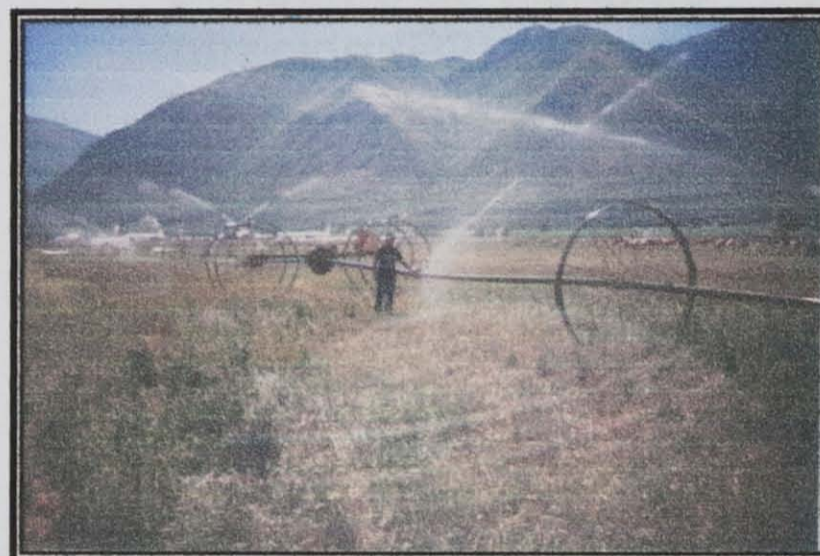
Cebada.



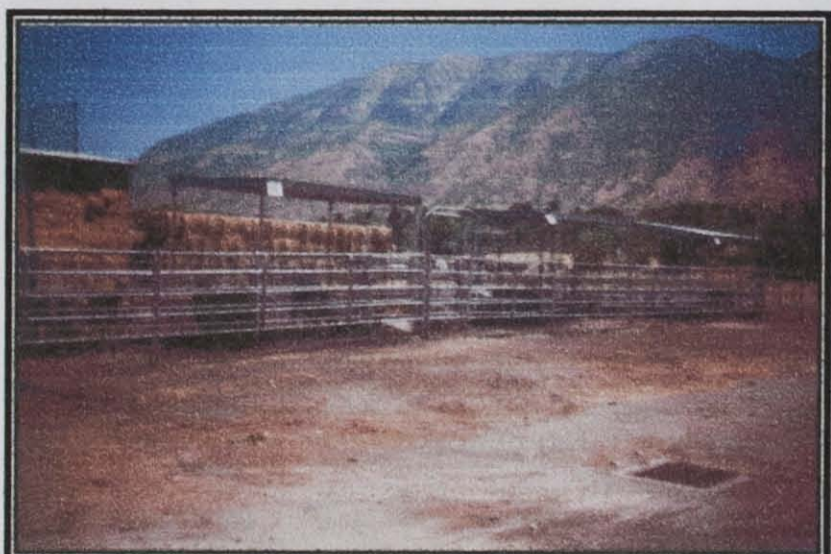
Insumos para la preparación de las dietas (tratamientos).



Alpacas en un hábitat de semicautiverio.



Sistema de Riego en el hábitat de semicautiverio.

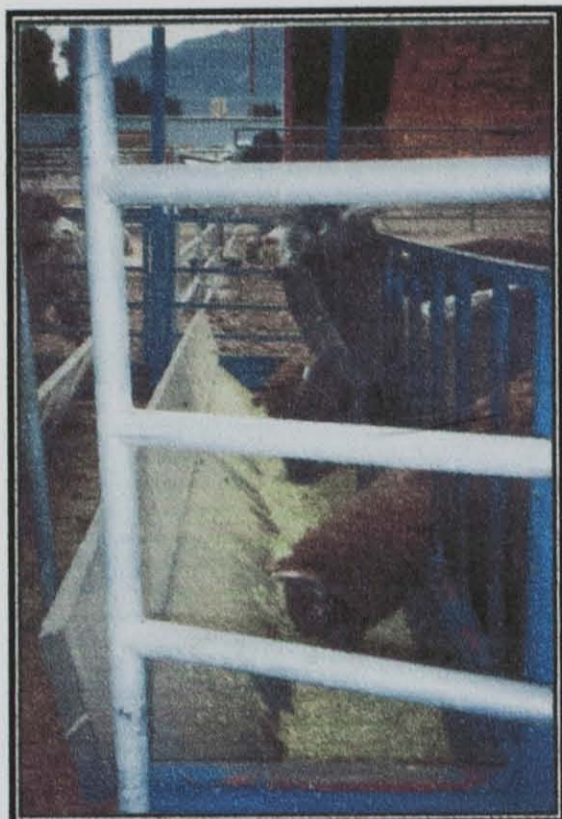


Alpacas instaladas en los Corrales P2, P1 y P3.

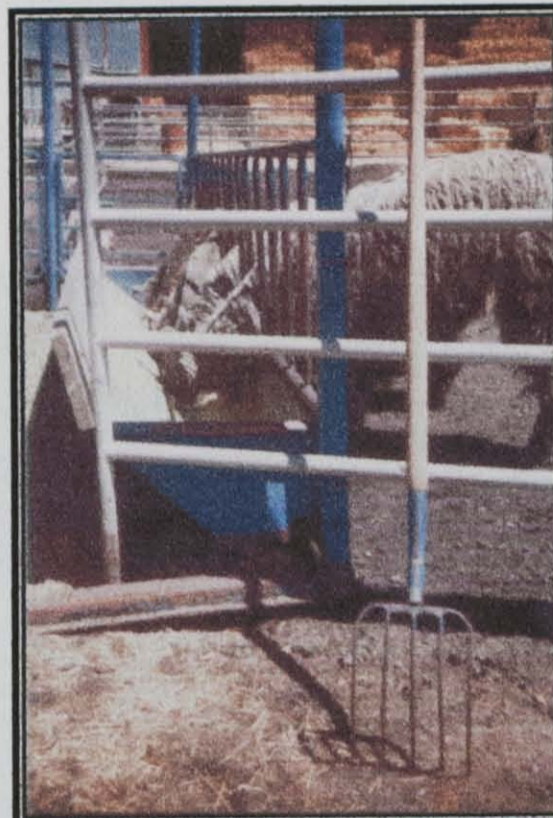


Recolección de alimento residual y suministro de alimento ofrecido.





Consumo de alimento ofrecido (P2) al inicio del experimento.



Consumo de alimento ofrecido (P2) al final del experimento.



Consumo de alimento ofrecido (P1 y P3) al inicio del experimento.



Pesaje de alimento ofrecido.



Muestras de alimento ofrecido y residual diario; y submuestra de alimento residual semanal por tratamiento (P1, P2 y P3).



Alimento ofrecido diario por tratamiento (P1, P2 y P3).



Alimento residual diario por tratamiento (P1, P2 y P3).



Extracción de muestras de sangre.

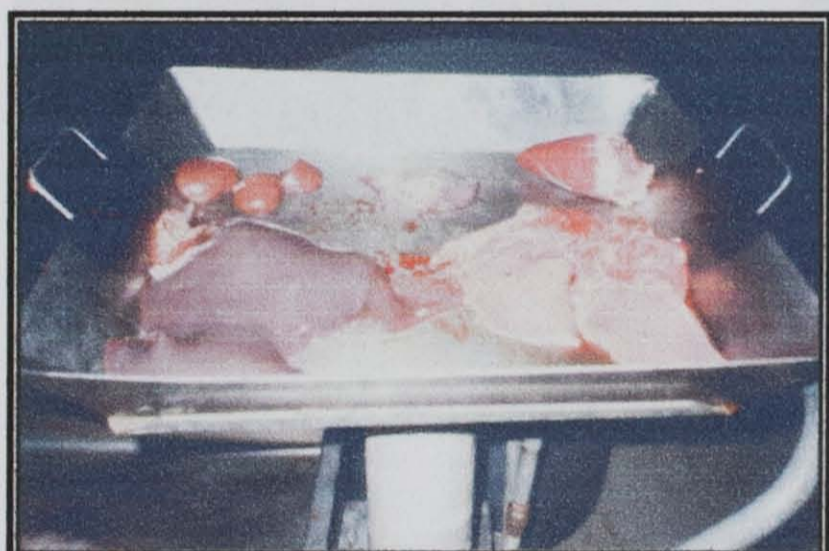
Anexo 49.2. Pruebas en Juntas Productoras



Pesaje de Alpacas.



Faeneo de Alpacas (desollado).



Vísceras extraídas.



Pesaje de vísceras (cerebro).

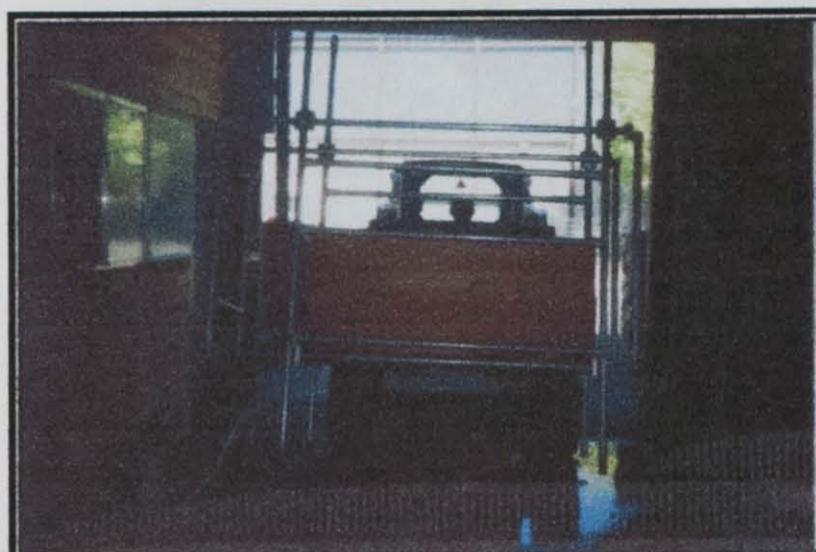


Carcasa de Alpaca (matadero).

Anexo 49.2. Pruebas en Jaulas Metabólicas.



Ambiente donde se instalaron las Jaulas Metabólicas.



Instalación de Jaulas Metabólicas.



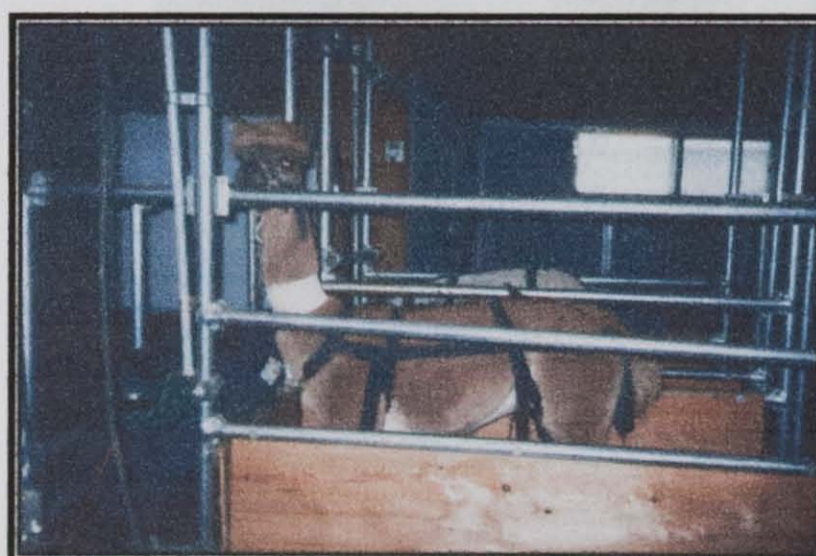
Inicio del experimento.



Corral de reposo y desestres.



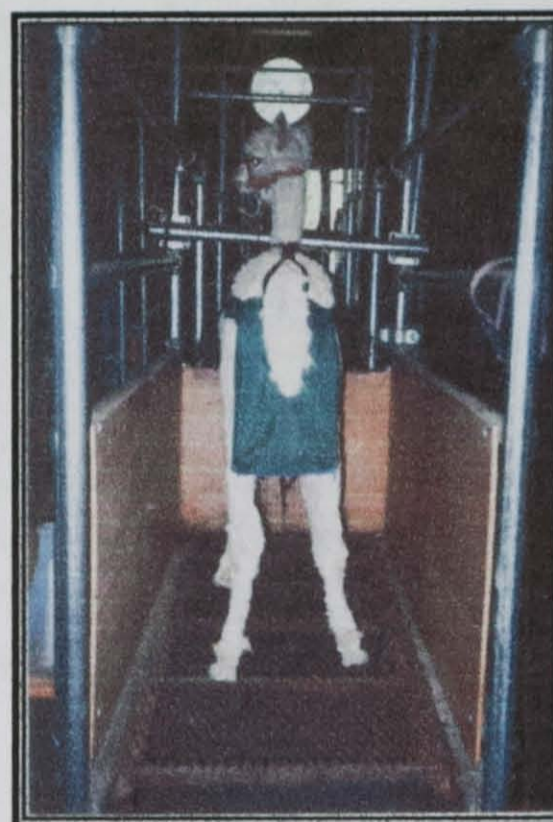
Material para la recolección de muestras de heces y orina.



Alpaca completamente instalada en la Jaula Metabólica.



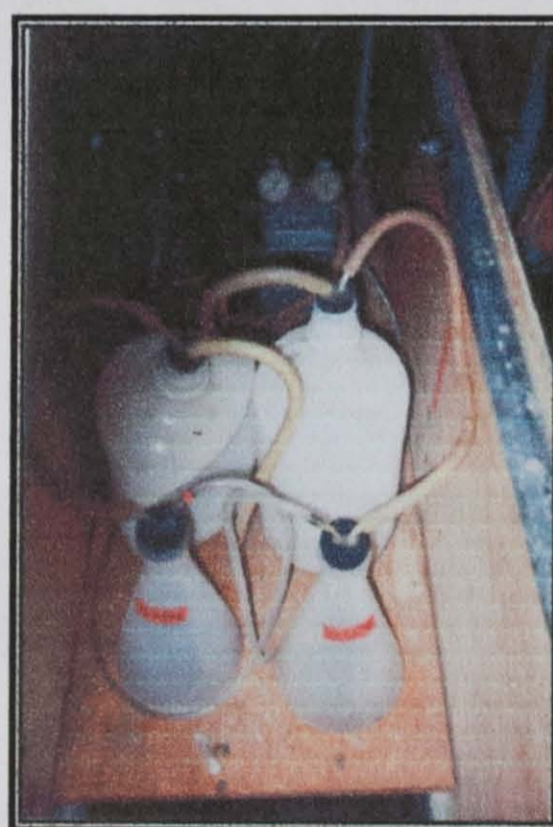
Posición de arneses y accesorios que coadyuvaran a la recolección de muestras de heces y orina (vista lateral).



Posición de arneses y accesorio (bolsa) recolector de heces (vista posterior).



Posición de accesorio (embudo) colector de orina.



Bomba succionadora y recipiente colector de orina.



Recipiente colector de orina (auxiliar).



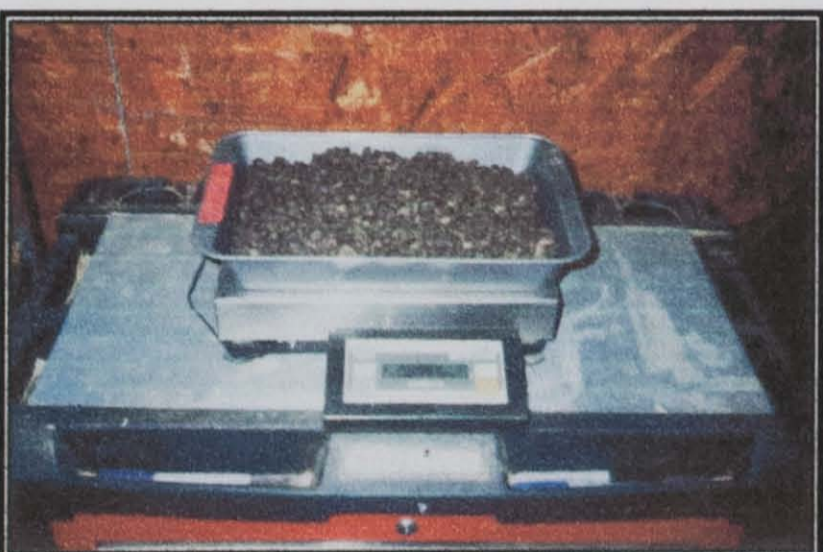
Dieta ofrecida (P1, P2 y P3), comederos y recolector de muestras (bandeja).



Pesaje de alimento residual.



Recolección de alimento residual por tratamiento.



Pesaje de heces.



Recolección de heces por tratamiento.



Medición y recolección de volumen diario de orina.



Recolección de volumen diario de orina por tratamiento.



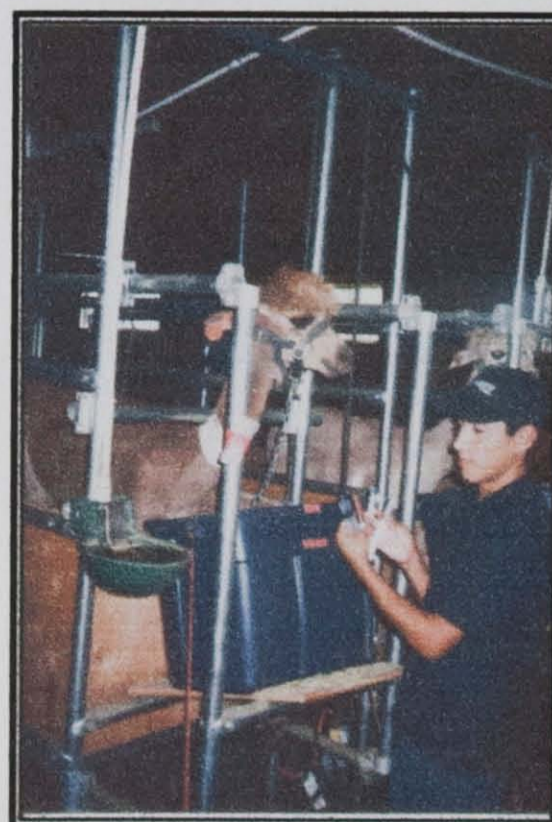
Recolección de volumen total de orina por tratamiento (primera etapa).



Recolección de volumen total de orina por tratamiento (segunda etapa).

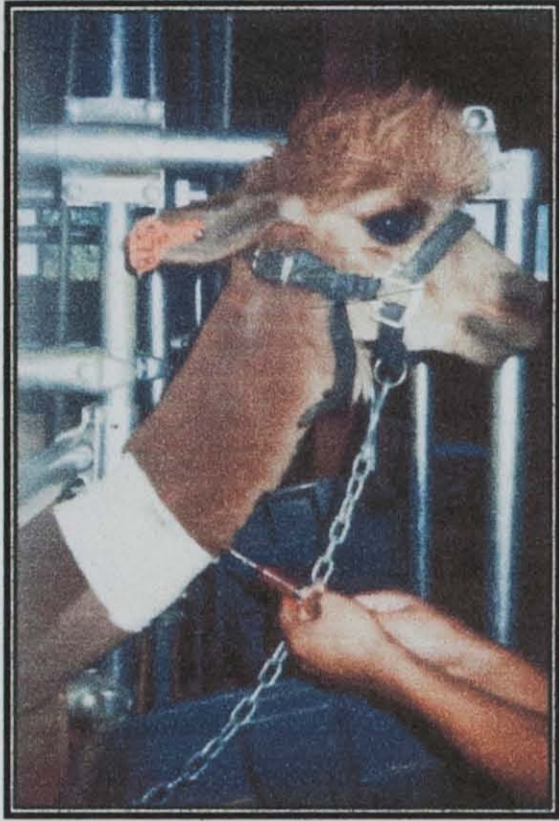


Cateterización.



Material para la extracción de sangre.

Anexo 43.3. Laboratorio



Extracción de muestras de sangre.



Limpieza del cateter con solución salina.



Recolección de muestras de sangre por tratamiento.



Anexo 49.3. Laboratorio.



Tubos al vacío con muestras de sangre.



Centrifugadora.



Preparación de muestras de sangre (metabolitos).



Análisis de muestras de sangre en el equipo Nova.



Preparación de muestras de sangre (metabolitos).



Análisis de muestras de sangre en el equipo Genios.



Introducción de datos para análisis de muestras de sangre.



Material de Laboratorio.

# Benson Agriculture and Food Institute

Brigham Young University

Certificate of Participation

This is to certify that

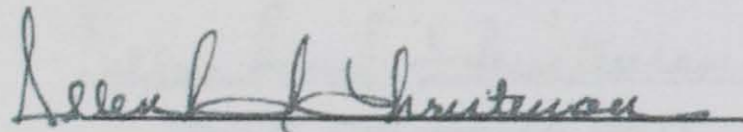
## Rolando F. Uruña Tito

participated and completed satisfactorily the:

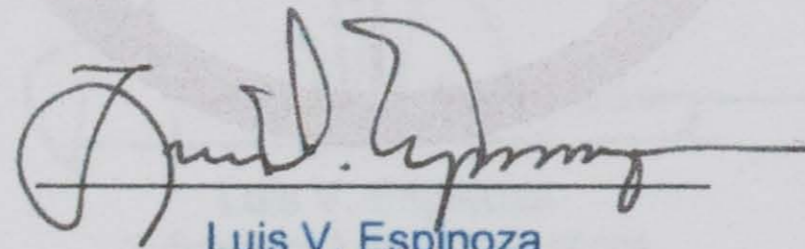
### "Camelid Nutrition and Metabolism Project"

Provo, Utah, USA

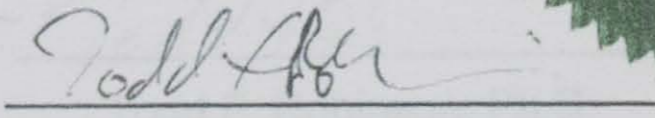
May 6, 2003 to November 6, 2003



Allen C. Christensen, Ph.D.  
Director



Luis V. Espinoza  
Associate Director



Todd F. Robinson, Ph.D.  
Advisor



# Benson Agriculture and Food Institute

Brigham Young University

Certificado de Participación

Presentado al Egresado

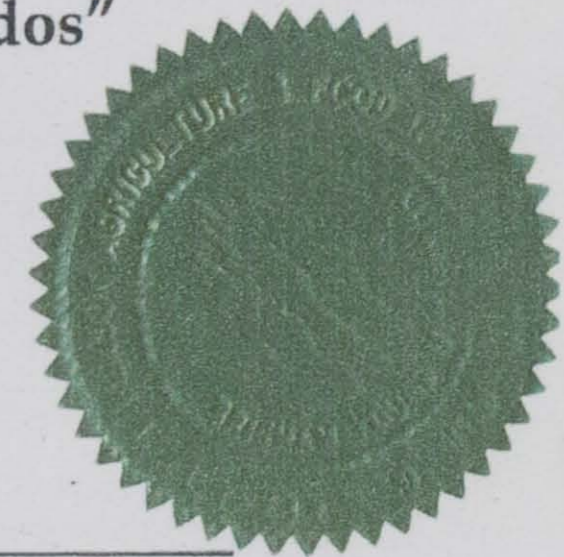
## Rolando F. Uruña Tito

por su participación en el

**Taller de Capacitación sobre "Metabolismo y Nutrición en Camélidos"**

Provo, Utah, USA

6 de Mayo del 2003 al 6 de Noviembre del 2003



Allen C. Christensen, Ph.D.  
Director

Luis V. Espinoza  
Subdirector/Área Latinoamérica

Todd F. Robinson, Ph.D.  
Profesor

