

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**



**TESIS**

**“Caracterización físico-química del lactosuero de alpaca (*Vicugna pacos*)”**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. MVZ Rolando Ojeda Barrantes**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2015**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“Caracterización físico-química del lactosuero de alpaca (*Vicugna pacos*)”**

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

Rolando Ojeda Barrantes

Para optar el título profesional de:

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

**PRESIDENTE** :   
 Dr. ROBERTO FLORO GALLEGOS ACERO

**PRIMER MIEMBRO** :   
 Dr. FAUSTINO JAHUIRA HUARCAYA

**SEGUNDO MIEMBRO** :   
 M.Sc. BILO WENCESLAO CALSIN CALSIN

**DIRECTOR DE TESIS** :   
 Mg. PEDRO UBALDO COILA AÑASCO

**ASESOR DE TESIS** :   
 M.V.Z. HEINZ HOWARD LARICO MEDINA

**ASESOR DE TESIS** :   
 M.V.Z. FREDDY GUERRA AGUILAR

**ASESOR DE TESIS** :   
 M.V.Z. ALFREDO ANGEL CERDA VASQUEZ

**Área: Producción animal**  
**Tema: Lactosuero de alpaca**

## *DEDICATORIA*

*Con cariño dedico este trabajo de investigación a mi tierra Taraco “cuenca lechera del altiplano”, tierra de hombres forjadores del presente y cuna de mis ancestros a quienes admiro mucho.*

*A mis docentes de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia que por siempre perduraran en lo más profundo de mi corazón.*

*A mis padres y a mi familia por la labor titánica a favor de mi formación profesional.*

*Finalmente, a mi hijo Leonardo André Ojeda Ticona por ser la razón de mi felicidad y superación profesional.*

*Rolando*

## *AGRADECIMIENTO*

*Agradezco al señor todo poderoso por haberme formado como profesional en la UNA-Puno. También agradezco inmensamente al director de éste trabajo de investigación al Dr. Pedro Coila Añasco, a mis amigos y laboratoristas Martín Chayña y Vicente Flores (los hermanos huantinos), por el apoyo incondicional hacia mi persona.*

*Agradezco también al MVZ Alfredo Ángel Cerda Vázquez, MVZ Salomón Diego Machaca Cusilayme por los buenos consejos que me dieron para enfrentarme y seguir batallando en la vida.*

*Rolando*



## Índice general

<b>Índice de Tablas</b> .....	v
<b>Índice de Anexos</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
2.1. La leche y factores que afectan su calidad.....	3
2.2. Lactosuero: tipos y composición.....	4
2.3. Factores que hacen variar la composición de la leche y lactosuero .....	12
2.4. Algunos componentes químicos y físicos del lactosuero.....	13
2.5. Aplicaciones del lactosuero.....	21
2.5. La renina.....	22
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	24
3.1. Ubicación.....	24
3.2. Material experimental .....	24
3.3. Métodos.....	26
3.4. Análisis estadístico .....	35
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	37
4.1. Análisis químico.....	37
4.2. Análisis físico .....	45
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	48
5.1. Parámetros químicos .....	48
5.2. Parámetros físicos.....	48
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	49
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	50
<b>ANEXOS</b> .....	I

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b>	Composición de los sueros dulce y ácido de leche de vaca	6
<b>Tabla 2.</b>	Composición típica del suero ácido y dulce (g/L)	6
<b>Tabla 3.</b>	Composición del lactosuero dulce y ácido de vacuno	7
<b>Tabla 4.</b>	Caracterización de la leche caprina y el suero de caprino	8
<b>Tabla 5.</b>	Indicadores físico-químicos del suero de queso dulce y ácido producidos en el Combinado de Quesos de Bayamo (Granma)	10
<b>Tabla 6.</b>	Densidad de la leche a distintas temperaturas	21
<b>Tabla 7.</b>	Contenido de proteínas totales (g/dL) en lactosuero de alpaca según condición reproductiva	37
<b>Tabla 8.</b>	Contenido de albúminas (g/dL) en lactosuero de alpaca según condición reproductiva	39
<b>Tabla 9.</b>	Contenido de globulinas (g/dL) en lactosuero de alpaca según condición reproductiva	40
<b>Tabla 10.</b>	Contenido de triglicéridos (g/dL) en lactosuero de alpaca según condición reproductiva	41
<b>Tabla 11.</b>	Contenido de lactosa (g/dL) en lactosuero de alpaca según condición reproductiva	43
<b>Tabla 12.</b>	pH en lactosuero de alpaca según condición reproductiva	45
<b>Tabla 13.</b>	Densidad (g/mL) en lactosuero de alpaca según condición reproductiva	45

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b>	Absorbancias (A), concentración de proteínas totales (PT) (en g/dL) y estadísticos en lactosuero de alpacas según condición.	II
<b>Anexo 2.</b>	Absorbancias (A), concentración de albúminas (ALB) (en g/dL) y estadísticos en lactosuero de alpacas según condición.	III
<b>Anexo 3.</b>	Concentración de globulinas (GLOB) (en g/dL) y estadísticos en lactosuero de alpacas según condición.	IV
<b>Anexo 4.</b>	Absorbancias (A), concentración de triglicéridos (TG) (en g/dL) y estadísticos en lactosuero de alpacas según condición.	V
<b>Anexo 5.</b>	Absorbancias (A1 y A2), concentración de lactosa (LAC) (en g/dL) y estadísticos en lactosuero de alpacas según condición.	VI
<b>Anexo 6.</b>	Determinación de pH, densidad y estadísticos en lactosuero de alpacas según condición.	VII
<b>Anexo 7.</b>	Análisis de varianza para proteínas totales	VIII
<b>Anexo 8.</b>	Análisis de varianza para albúminas	VIII
<b>Anexo 9.</b>	Análisis de varianza para globulinas	VIII
<b>Anexo 10.</b>	Análisis de varianza para triglicéridos	VIII
<b>Anexo 11.</b>	Análisis de varianza para lactosa	IX
<b>Anexo 12.</b>	Análisis de varianza para pH	IX
<b>Anexo 13.</b>	Análisis de varianza para densidad	IX

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar algunas características físico-químicas del lactosuero dulce de alpacas, se han obtenido muestras de leche por ordeño manual de 10 alpacas hembras primerizas y 10 multíparas del Centro de Investigación y Producción “La Raya” de la UNA-Puno. Las muestras de leche fueron sometidas a la acción de la renina para la obtención del suero dulce luego de un proceso de centrifugación a 3000 rpm durante 15 minutos. En el suero obtenido se determinaron el contenido de proteínas totales, albúminas, globulinas, triglicéridos y lactosa mediante técnicas colorimétricas-espectrofotométricas utilizando kit de Laboratorios Wiener® y Boehringer Mannheim®; así como el pH por potenciometría y la densidad con lactodensímetro. El estudio fue conducido bajo un Diseña Completo al Azar. Los resultados muestran que el contenido de proteínas totales es mayor en multíparas (0,932 g/dL) que en primerizas (0,862 g/dL) ( $P \leq 0,05$ ); no existe diferencia significativa en el contenido de albúminas y globulinas ( $P > 0,05$ ), siendo los promedios de 0,536 g/dL albúminas y de 0,361 g/dL globulinas, respectivamente. Tampoco se encontró diferencias en el contenido de triglicéridos (0,161 g/dL) y lactosa (4,54 g/dL) ( $P > 0,05$ ). El pH y la densidad del lactosuero de alpacas son similares en primerizas y en multíparas, obteniéndose un promedio de 6,48 y 1,026, respectivamente.

**Palabras claves:** Alpaca, Densidad, Lactosa, Lactosuero, pH, Proteína, Triglicérido.

## ABSTRACT

In order to determine some physicochemical characteristics of sweet whey of alpacas, milk samples were obtained by manual milking of 10 first-time and 10 multiparous alpacas female from the Center Research and Production "La Raya" of the UNA-Puno. The milk samples were subjected to the action of renin to obtain the sweet whey after a centrifugation process at 3000 rpm for 15 minutes. The content of total proteins, albumins, globulins, triglycerides, and lactose were determined by colorimetric-spectrophotometric techniques using the Wiener® and Boehringer Mannheim® kits; as well as pH by potentiometry and density with lactodensimeter. The study was conducted under a Full Random Design. The results show that the total protein content is higher in multiparous (0.932 g/dL) than in the first-time (0.882 g/dL) ( $P \leq 0.05$ ); There was no significant difference in albumen and globulin content ( $P > 0.05$ ), with averages of 0.536 g/dL albumins and 0.361 g/dL globulins, respectively. There were also no differences in triglyceride content (0.161 g/dL) and lactose (4.54 g/dL) ( $P > 0.05$ ). The pH and density of alpaca whey are similar in first-time and multiparous, obtaining an average of 6.48 and 1,026, respectively.

**Key words:** Alpaca, Density, Lactose, Whey, pH, Protein, Triglyceride.

## I. INTRODUCCION

Los camélidos sudamericanos son animales muy importantes en la economía andina; son fuente de carne, fibra y trabajo para la gente, especialmente aquella que habita las regiones más elevadas de los Andes. Estos animales utilizan extensas regiones, que debido a factores asociados a la altitud, no podrían ser aprovechadas de manera efectiva por otros animales domésticos (Novoa y Flores, 1991).

El lactosuero es el líquido que se obtiene por la coagulación de las proteínas presentes en la leche durante la elaboración del queso, una vez que se separa la cuajada del queso (la caseína) y la grasa. Hasta hace unos años el lactosuero era considerado un subproducto indeseable, una pérdida o desecho con poco o ningún valor comercial; sin embargo, este punto de vista cambió radicalmente cuando se descubrieron numerosas aplicaciones nutricionales y medicinales para el suero y sus componentes. Así, Valencia (2008) indica el lactosuero tiene aplicaciones en la industria alimenticia, agropecuaria, farmacéutica y medicina, por sus grandes ventajas en cuanto a sus aspectos nutricionales, por sus altos contenidos en proteínas y minerales. Baro *et al.* (2001) demostró el efecto anticarcinogénico de las proteínas del lactosuero en ratones. Recientemente, Mullaicharam (2014) indica que la lactoferritina del suero de camello tiene propiedades antibacterianas, antivirales y antitumorales, así como pequeñas inmunoglobulinas mucho más efectivas del sistema inmune.

Por estos antecedentes, en la actualidad el suero lácteo está siendo objeto de muchos estudios y considerando que el lactosuero de alpaca está

poco o nada estudiado, fue necesario hacer una primera aproximación en cuanto a algunas de sus propiedades físico-químicas a fin de sentar las bases para estudios más especializados y valorarlo por sus nuevas alternativas de uso. Si bien es cierto que a la fecha no se dispone de grandes cantidades de este subproducto de la alpaca, es necesario caracterizarla por ser, la alpaca, un producto bandera de nuestro país; y, la UNA-Puno, se encuentra comprometida con llevar a cabo este tipo de estudios por ser la pionera en la Región.

En ese sentido, el presente estudio, de tipo descriptivo, se realizó el propósito de caracterizar algunos aspectos físicos y químicos del lactosuero dulce de alpacas, tras la precipitación de la leche con renina, considerando la condición de la madre (primeriza o múltipara), siendo los objetivos específicos la determinación de algunos componentes químicos (proteínas totales, albúminas, globulinas, lactosa y triglicéridos) y físicos (pH y densidad).

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. La leche y factores que afectan su calidad

En su acepción más general, la leche es un alimento primordial segregado por las glándulas mamarias de los mamíferos con la finalidad de nutrir las crías en su primera fase de vida. Pero según la última Norma Oficial Peruana vigente, leche es el producto íntegro del ordeño completo e interrumpido de una hembra lechera sana, bien alimentada y no fatigada, ha de ser recogida higiénicamente y no debe contener calostro. Además deberá estar libre de preservantes, antibióticos, colorantes, materias extrañas y sabores u olores objetables o extraños (Zavala, 2005).

Los factores que hacen variar la composición de la leche son: especie, raza, ordeño, tiempo de ordeño, cuarto de la ubre, periodo de lactancia, estado nutricional, composición del alimento, estaciones del año, temperaturas ambientales, edad, salud de la ubre, enfermedades en general, condición del animal en el momento del parto, cambio de sistema de ordeño, excitación, ejercicios, hormonas, drogas, selección genética, periodo seco del animal e iluminación (Munguía, 2010). Además, la composición de la leche varía con el tipo de alimentación, estado sanitario y fisiológico del animal y el número de ordeños (Zavala, 2005).

El queso es una forma de conservación de los dos componentes insolubles de la leche, la caseína y la materia grasa, los que se obtienen por coagulación ácida y/o enzimática, seguida de una etapa de



desuerado, en el curso de la cual el lactosuero es separado de la cuajada (Alais, 2003).

## 2.2. Lactosuero: tipos y composición

El suero lácteo o lactosuero se puede definir como el subproducto originado tras la separación de la cuajada en la elaboración de queso o durante la separación de las caseínas de la leche para producir caseinatos (Pintado *et al.*, 1999).

En otro orden y dependiendo del tipo de queso a elaborar, el suero puede ser de dos tipos: ácido y dulce (Figura 1). El lactosuero ácido se produce cuando el coágulo se forma por acidificación con un pH de 5.1 o menos, el suero dulce se obtiene de la coagulación de leches por la acción enzimática de la renina (Madureira *et al.*, 2007).

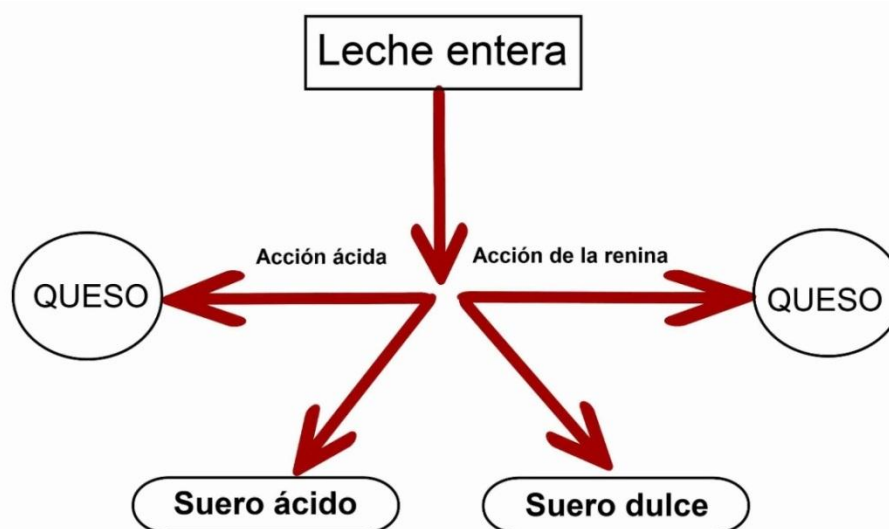


Fig. 1: Diagrama de elaboración del queso y obtención del suero ácido y dulce.

El lactosuero ácido se produce por coagulación ácida, se adiciona un ácido mineral u orgánico o por la acción de los microorganismos propios de la leche. Cuando el valor de pH llega a 4.6, que

corresponde al punto isoeléctrico de las caseínas, éstas flocculan formando un precipitado más o menos granuloso, pero si la acidificación se da lentamente, se formará un coágulo liso y homogéneo que ocupará el volumen inicial de la leche. Los factores que participan en la coagulación ácida son: el cultivo de bacterias lácticas de la leche (si es que se utilizan), la temperatura y el tiempo de duración de la coagulación, estos están íntimamente relacionados. El cultivo utilizado para la acidificación condiciona la temperatura de coagulación, si la temperatura es inferior a la óptima, el tiempo de coagulación será mayor (Roser y Mestres, 2004).

El efecto que ocasiona la enzima en la caseína es su división en dos partes, una hidrófila (caseinomacropéptido) y una hidrófoba (paracaseína); esto hace que la paracaseína forme micelas que se unen en forma de fibrillas, así establecen un conjunto o retículo de estas que aprisiona en su interior los componentes de la leche. Se debe destacar que en el lactosuero dulce o enzimático la casi ausencia de ácido láctico debido a que no se desarrollan los microorganismos que lo producen, por lo que el pH es muy cercano de la leche y no hay variación de la composición mineral. El suero dulce es el más empleado por la industria y tiene una composición química más estable. En la Tabla 1 se pueden observar las diferencias entre el lactosuero enzimático y el lactosuero ácido (Chamorro y Losada, 2002); y en la tabla 2 la composición media del suero caprino, bovino y ovino (Quiles y Hevia, 1994; Pintado *et al.*, 2001; Jelen, 2003).

**Tabla 1:** Composición de los lactosueros dulce y ácido de leche de vaca.

Parámetro	Suero dulce	Suero ácido
Agua	93-95%	93-95%
Extracto seco	5-7%	5-7%
Lactosa	4.5-5.3%	3.8-5.2%
Proteínas	0.6-1.1%	0.2-1.1%
Grasa	0.1-0.4%	0.1-0.5%
Sales minerales	0.5-0.7%	0.5-1.2%
pH	6.4	5.5

**Tabla 2:** Composición típica del suero ácido y dulce (g/L)

	Suero Dulce			Suero ácido		
	Vaca	Cabra	Oveja	Vaca	Cabra	
	a, b, c	c	c, d	a, b, c	c	d
pH	5.9-6.4	6.2	6.3	4.6-4.8	4.6	
Lactosa	46-52.3	47.1	51-51.6	44-46	50.7	39.18
Proteína	6-10	7.7	10.5-18.7	5.8-8	5.3	9.35
Grasa	0.2-10	5.1	6.46-8.2	0.1-0.5	0.3	0.4
Cenizas	5	6.1	4.3-5.65	7.5	7.6	8.36
NNP	0.37	0.5	0.8	0.4	0.6	0.67

Fuente: a) Jelen (1992); b) Riera *et al.* (1996), c) Casper *et al.* (1998); d) Pintado *et al.* (2001) y Jelen (2003).

Sin ninguna duda, el principal subproducto de la industria láctea es el suero de quesería el cual retiene cerca del 55% de los componentes de la leche, y se presenta como un líquido amarillo-verdoso que se obtiene tras la separación de la cuajada afectando su composición el tipo de coagulación empleada en la elaboración del queso, según sea láctica o

enzimática se obtienen sueros ácidos o dulces; sus componentes más abundantes como se indica en la tabla 3 son la lactosa, proteínas solubles, grasa butirométrica, sales minerales y una concentración bastante alta de vitaminas del complejo B; en cualquiera de los dos tipos se estima que por cada kg de queso se producen 9 kg de lactosuero (Muñi *et al.*, 2005).

**Tabla 3:** Composición del lactosuero dulce y ácido de vacuno.

Componente	Lactosuero dulce (g/L)	Lactosuero ácido (g/L)
Sólidos totales	63-70	63-70
Lactosa	46-52	44-46
Proteína	6-10	6-8
Grasa	0.5-7	0.4-6
pH	5.6-6.1	4.3-4.7

Los principales componentes del lactosuero, tanto dulce como ácido, son el agua (93-94%), lactosa (70-75% de los sólidos totales), proteínas séricas (8-11% de los sólidos totales) y minerales (10-15% de los sólidos totales) (Jelen, 1992; Jelen, 2003). También presenta grasa y vitaminas (Smithers, 2008).

El lactosuero contiene la mayor parte del agua y de los componentes solubles de la leche, quedando una pequeña parte retenida en la cuajada. La fabricación de queso inevitablemente da lugar a la producción de una gran cantidad de suero, lo que según Scott (1991), representa cerca del 83% del volumen total de la leche empleada en quesos madurados.

Los elementos que normalmente se encuentran en un lactosuero típico son: Agua 93-94%, lactosa 4.5-5%, proteínas 0.8-1%, grasa 0.2-0.8%, cenizas 0.5% y un pH entre 6.2-6.5 (Wieking, 1998, citado por Brito, 2000).

El suero líquido es más de 93% agua, pero incluye aproximadamente algo más de la mitad de los nutrientes originales de la leche. Su contenido proteico y de materia grasa depende en gran medida del tipo de coágulo y de su tratamiento, una manipulación inadecuada hará variar la presencia de estos componentes en el suero (Scott, 1991).

En Colombia, se hizo una caracterización bromatológica de la leche de caprino y el suero de caprino (Tabla 4) (Plata *et al.*, 2012).

**Tabla 4:** Caracterización de la leche caprina y el suero de caprino.

Componente	Leche caprina	Lactosuero caprino
Cenizas (%)	0.94	0.45
Densidad (g/cc)	1.034	1.003
Índice de acidez (°D)	16	18
Caseína (%)	2.85	0.89
pH	6.72	6.38
Grasa (%)	4.7	0.51
Proteína (%)	4.61	1.18
Lactosa (%)		3.8-5.12

En término promedio, el suero de leche contiene más de la mitad de los sólidos presentes en la leche original, incluyendo alrededor del 20% de las proteínas (lactoalbúminas y lactoglobulinas), la mayor parte de la

lactosa, minerales (calcio, fósforo, sodio y magnesio) y vitaminas hidrosolubles (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina y ácido ascórbico) (Hernández y Vélez, 2014).

Los sueros resultantes de la producción de quesos en el Combinado de Quesos de la ciudad de Bayamo (Granma) se caracterizaron física y químicamente como materias primas para la elaboración de alimentos. Con tales propósitos, se determinaron el pH, la densidad y acidez, el contenido de materia grasa, materia seca y proteína bruta, y la concentración de lactosa, calcio y fósforo de 2 variedades: dulce y ácida, de los sueros de queso obtenidos como subproductos del proceso de elaboración. Las variedades de suero de queso difirieron entre sí respecto de los valores encontrados de *acidez*, pH y contenido de lactosa. Los resultados se muestran en la tabla 5 (Miranda et al., 2009).

Se investigó la composición de la leche de vicuñas, con especial referencia a sus proteínas, las muestras fueron obtenidas del rebaño perteneciente al INTA-Abrapampa (Jujuy, Argentina). Los valores encontrados fueron los siguientes: proteínas totales:  $3.70 \pm 0.98$  g%; caseínas:  $3.17 \pm 0.87$  g%; proteínas del lactosuero:  $0.53 \pm 0.17$  g%; lípidos:  $4.58 \pm 1.35$  g%; glúcidos:  $7.43 \pm 0.75$  g%; calcio  $0.128 \pm 0.022$  g%; pH:  $7.022 \pm 0.141$  (Fernández et al., 1997).

**Tabla 5:** Indicadores físico-químicos del suero de queso dulce y ácido producidos en el Combinado de Quesos de Bayamo (Granma).

Indicador	Suero de queso dulce	Suero de queso ácido	Especificación de calidad
pH	6.620 ± 0.800	4.220 ± 0.500 <sup>‡</sup>	6.600 ± 0.600
Materia seca, %	6.410 ± 0.700	6.400 ± 0.600	6.400 ± 0.211
Grasa, %	0.330 ± 0.010	0.330 ± 0.020	0.330 ± 0.100
Proteína bruta, %	0.960 ± 0.040	0.940 ± 0.030	0.900 ± 0.500
Lactosa, %	4.670 ± 0.600	4.100 ± 0.050 <sup>‡</sup>	4.700 ± 0.700
Calcio, %	0.530 ± 0.020	0.510 ± 0.020	0.500 ± 0.800
Fósforo	0.330 ± 0.030	0.310 ± 0.020	0.300 ± 0.300
Acidez, %	0.080 ± 0.020	0.320 ± 0.020 <sup>‡</sup>	0.100 ± 0.300
Densidad, g.cm <sup>-3</sup>	1.025 ± 0.020	1.024 ± 0.010	1.024 ± 0.010

:<sup>‡</sup>: Diferencias entre-sueros ( $P \leq 0.05$ ).

Se estudió la influencia de diferentes condiciones medioambientales (calidad de los pastos y altura) sobre la composición del calostro y la leche de alpacas, durante los primeros cinco meses de lactación. Los principales componentes de la leche fueron determinados y comparados entre alpacas en lactación mantenidas en dos diferentes regiones de Chile. Las muestras de leche fueron tomadas a partir de las 48 horas posparto (calostro) y subsecuentemente cada 30 días hasta los 5 meses de lactación, en dos grupos de alpacas. Un grupo fue mantenido en el altiplano Andino (4400 m.s.n.m.; n=24) y el otro en la Patagonia (12 m.s.n.m.; n=18). Ambos grupos se alimentaron *ad libitum* sobre praderas naturales. Se midió el porcentaje de materia seca, proteína, grasa, lactosa y ceniza. Los valores obtenidos para cada componente de la leche se compararon entre grupos y entre meses de

lactación. A lo largo de la lactación, la composición de la leche mostró pequeñas diferencias entre grupos, aunque el contenido de grasa fue altamente variable. Considerando toda la lactación, la leche obtenida en el altiplano Andino presentó mayor concentración de grasa, mientras que la de la Patagonia presentó más lactosa, tal como ocurrió con el calostro. Las diferencias en las concentraciones de grasa y lactosa podrían ser explicadas por la composición y disponibilidad de la pradera en cada región y por la conducta de pastoreo de las alpacas (Parraguez *et al.*, 2003).

Se estudió las características físico-químicas del lactosuero dulce de vacas de las comunidades de los alrededores de Xalapa en el estado de Veracruz, México, obteniendo un promedio de humedad de 93.9%, cenizas 1.18%, pH 6.30, proteínas 3.26%, grasa 0.54% y lactosa 5.22% en el lactosuero dulce, y 94.79% de humedad, cenizas 0.49%, pH 4.83, proteínas 2.54%, grasa 0.59% y lactosa 4.10% en el lactosuero ácido (Córdova, 2013).

En la Universidad Nacional de Colombia se realizaron los análisis físicoquímicos y sensoriales de lactosuero de queso fresco de vacuno, obteniéndose los siguientes resultados: 93.27 g/100 g de humedad, 0.83 g/100 g de proteínas, 0.15 g/100 g de grasa y 4.69 g/100 g de lactosa. Asimismo se determinó un 6.71 de pH (Sepúlveda *et al.*, 2002).



### 2.3. Factores que hacen variar la composición de la leche y lactosuero

La composición del lactosuero depende del tipo de queso (enzimático o ácido), de las técnicas de elaboración queseras empleadas (como el método de coagulación), del tratamiento que experimenta el suero líquido (tratamientos térmicos, preconcentración, recuperación de los finos de caseína), del estado fisiológico del animal, del tipo de raza y especie, y además sigue la tendencia de la composición química de la leche de la que proviene (Quiles y Hevia, 1994; Pintado *et al.*, 2001; Jelen, 2003).

Las características composicionales del suero desprendido a partir de la fabricación quesera dependen de varios factores, entre los más importantes destacan la variedad de queso elaborado, la composición química de la leche utilizada como materia prima y de manera muy significativa, de las condiciones de procesamiento del queso, aunque los macroconstituyentes son relativamente poco variables en su contenido. Si se pretende mantener en óptimas condiciones el suero obtenido, éste debe ser tratado como un producto de primera clase, es decir enfriar y procesarlo dentro de pocas horas a fin de preservar sus componentes para que puedan ser aprovechados con posterioridad (Alais, 2003; Scott, 1991; Inda, 2000).

La composición nutricional del lactosuero puede variar considerablemente dependiendo de las características de la leche utilizada para la elaboración del queso, el tipo de queso producido y el

proceso tecnológico empleado en la elaboración del queso. A partir de estas diferencias se encuentran los tipos de lactosuero (Poveda, 2013).

## **2 . 4 . Algunos componentes químicos y físicos del lactosuero**

### **a) Lactosa**

La lactosa o azúcar de la leche es, no sólo el principal carbohidrato de la leche, sino también el componente principal del lactosuero (aparte del agua), constituyendo aproximadamente el 4,4-4,9% del total del suero (el 75% del extracto seco) (Jelen, 2003). Es un disacárido formado por una molécula de glucosa y otra de galactosa, que se sintetiza en la glándula mamaria. La concentración de lactosa en el suero es bastante constante, pero depende de la proporción de lactosa original que ha sido degradada a ácido láctico. Los sueros ácidos presentan menor contenido de lactosa que los sueros dulces, y consecuentemente, un alto contenido en ácido láctico a raíz de que durante la fermentación bacteriana parte de la lactosa se transforma en ácido láctico (Scott, 1991).

Químicamente, es un disacárido compuesto por una molécula de D-glucosa y otra de D-galactosa unidas por un enlace glicosídico y de escaso poder edulcorante, además es un excelente sustrato para microorganismos que la metabolizan a compuestos de menor peso molecular (Walstra y Jenness, 1987).

### **b) Proteínas**

Aunque el componente mayoritario después del agua es la lactosa, son las proteínas séricas el ingrediente de más valor (Jelen, 2003). Se pueden definir como las proteínas que permanecen solubles en la fase

líquida después de la precipitación de las caseínas a pH 4,6 (Ng-Kwai-Hang, 2003). Constituyen aproximadamente el 0,7% del suero (~8-11% del extracto seco). Además el suero también contiene 0,2-0,3% de nitrógeno no proteico (Jelen, 2003). El contenido proteico del suero depende en su mayor parte del tipo de coágulo y de su tratamiento y la presencia en el mismo de partículas de la cuajada puede aumentarlo considerablemente (Scott, 1991).

Las principales proteínas séricas son la  $\beta$ -lactoglobulina ( $\beta$ -LG), la  $\alpha$ -lactalbúmina ( $\alpha$ -LA), inmunoglobulinas (Igs), la seroalbúmina (BSA) y las proteosomas peptonas. Junto a éstas, aparecen otras proteínas minoritarias como el glicomacropéptido, lactoferrina, y enzimas como la lactoperoxidasa. Las diferencias encontradas en el perfil proteico pueden ser consecuencia de las variaciones estacionales, de la etapa de lactación, de la raza, de la alimentación y de las técnicas de elaboración queseras empleadas (Casper *et al.*, 1998).

Las proteínas no constituyen la fracción más abundante, pero es la más interesante en los terrenos económico y nutricional. Representa una rica y variada mezcla de proteínas secretadas que poseen amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales. Concretamente, suponen alrededor del 20% de las proteínas de la leche de bovino, siendo su principal componente la  $\beta$ -lactoglobulina ( $\beta$ -LG) con cerca de 10% y  $\alpha$ -lactoalbúmina con 4% de toda la proteína láctea; además, contiene otras proteínas como, lactoferrina, lactoperoxidasa, inmunoglobulinas, y glicomacropéptidos (Baro *et al.*, 2001).

Las proteínas del suero corresponden al 20% del total de las proteínas de la leche, y no participan en el proceso de coagulación enzimática durante la elaboración del queso. En términos de masa, las más importantes son la  $\beta$ -lactoglobulina, que constituye el 50% de las proteínas lactoséricas y la  $\alpha$ -lactalbúmina presente en un 20%, otras de menor importancia, en términos cuantitativos, son la albúmina del suero, inmunoglobulinas, proteosa-peptona, entre otras (Inda, 2000).

El alto valor nutricional de estas proteínas está determinado por su composición en aminoácidos, fundamentalmente por su excepcional contenido en lisina, triptófano y aminoácidos azufrados como cisteína, lo cual le confiere a las proteínas séricas, un valor biológico mayor que el de las caseínas. Desde este punto de vista, las proteínas presentes en el suero son mejores, incluso, que las del propio queso (Candiotti et al., 2001).

La mezcla de proteínas en el lactosuero, poseen amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales, concretamente, suponen alrededor del 20% de las proteínas de la leche, siendo su principal componente la  $\beta$ -lactoglobulina con cerca de 10% y  $\alpha$ -lactoalbúmina con 4% de toda la proteína láctea, además, contiene otras proteínas como albúminas séricas, proteopeptonas, inmunoglobulinas y otras (Baldasso et al., 2011).

Son fuente de aminoácidos esenciales en comparación con proteínas de otros alimentos, posee >400 mg de aminoácidos por gramo de proteína con respecto al huevo (400 mg/g), la carne y la soya (<400 mg/g). Contienen aminoácidos de cadena larga como la valina, leucina e

isoleucina, estos juegan un rol muy importante en el control del peso, ya que actúan como reguladores metabólicos en la homeostasis de proteínas y glucosa y en el metabolismo de las grasas del cuerpo (Parra, 2009).

La albúmina sérica conocida como seroalbúmina bovina, es un componente del lactosuero idéntico a la seroalbúmina sanguínea, misma composición en aminoácidos, mismo peso molecular (69.000), las mismas propiedades electroforéticas y magnéticas, y la misma cinética de desnaturalización térmica. La estructura de esta albúmina no está suficientemente aclarada; está formada por una cadena peptídica única con numerosos repliegues estabilizados por puentes disulfuro. La seroalbúmina tiene la facultad de ligarse reversiblemente a sustancias muy variadas (Alais, 2003).

Las inmunoglobulinas o gamma globulinas representan aproximadamente el 10% del total de las proteínas del lactosuero, juegan un papel fundamental en la transferencia de anticuerpos de la madre a la cría, se utilizan en tratamientos de infecciones de niños recién nacidos, muestran actividad antimicrobiana y pueden neutralizar virus y toxinas, realzan la actividad inmune y antioxidante, alivian el stress metabólico, mejoran la funcionalidad muscular y proveen de salud en general (Wit, 1998).

Otras proteínas contenidas en el suero son las denominadas metaloproteínas, al tener la capacidad de fijar específicamente y de forma reversible hierro y cobre. Entre ellas se encuentran las siguientes (Gil, 2010):

- *Lactoferrina*, que es distinta de la sanguínea y tiene mayor afinidad por el hierro, por lo que es clave para la introducción de éste en la leche a partir de la sangre. Tiene capacidad para fijar dos átomos de hierro por molécula.
- *Transferrina*, procedente de la sangre y también con capacidad de fijar hierro.
- *Ceruloplasmina*, de origen sanguíneo, capaz de fijar cobre.

### c) Lípidos

En la fase lipídica de la leche se encuentran tres clases de sustancias asociadas, los *lípidos neutros*, la materia grasa propiamente dicha, constituida por glicéridos; los *lípidos polares*, fosfolípidos de naturaleza compleja; las sustancias lipídicas o “insaponificables”, insolubles en agua, entre ellas se encuentran las vitaminas. Se encuentran dispersos en la leche en forma globular. Esta dispersión es inestable y las sustancias que la componen son más fáciles de extraer. La materia grasa en la leche, es el componente que varía en mayor proporción, diversos factores influyen sobre el porcentaje graso. Su composición también varía, no son fijas las proporciones de los diferentes ácidos grasos, los fosfolípidos y las sustancias saponificables. La materia grasa se altera más lentamente que la lactosa, sus modificaciones no provocan grandes cambios en la estructura físico-química de la leche, pero son importantes por ser causa de la aparición de sabores desagradables (Alais, 2003).

La leche de cabra contiene 97-99% de lípidos libres y 1-3% de lípidos ligados a otras sustancias (Park, 2006). Los lípidos libres están

constituidos por triglicéridos o triacilgliceroles, diglicéridos o diacilgliceroles y monoglicéridos o monoacilgliceroles, mientras que los lípidos ligados lo constituyen lípidos neutros (principalmente triglicéridos) y lípidos polares (fosfolípidos y glicolípidos). La concentración de lípidos en el suero es baja (Walzem, 2004). Suele ser de 0,5-1%, aunque depende del tipo de leche, del tipo de queso y de la eficiencia en el proceso de fabricación quesera (Jelen, 1992). En la mayoría de quesos ácidos como el cottage o el quark es casi insignificante el contenido lipídico debido a que el tipo de leche usada es normalmente desnatada (Scott, 1991; Jelen, 2003).

#### **d) Minerales**

Los minerales constituyen el tercer componente mayoritario del contenido sólido total del suero (Jelen, 2003). Aunque el contenido en sales suele ser bastante constante, su composición mineral varía en función del tipo de suero obtenido, y depende de otros factores relacionados con los métodos de fabricación quesera empleados, especialmente de la adición a la leche de cloruros de sodio o de calcio (Scott, 1991; Jelen, 2003). Sin embargo las diferencias principales entre ambos tipos de suero se deben a la distinta manera de producir la coagulación de las caseínas (Jelen, 2003).

#### **e) Vitaminas**

La riboflavina (B<sub>2</sub>) es la vitamina más abundante del suero. Es soluble en agua, estable al calor y sensible a la luz. Es la responsable del color verdoso del suero (Jelen, 2003).

La leche de cabra, y por lo tanto en el suero, presenta cantidades mayores de vitamina A que la leche de vaca, porque la cabra convierte todo el  $\beta$ -caroteno en vitamina A, mientras que posee deficiencias en ácido fólico y vitamina B12 si se compara con la leche de vaca. Ambas leches son deficientes en piridoxina (B<sub>6</sub>), vitamina C y D (Park, 2006).

Las vitaminas hidrosolubles que están presentes en la leche permanecen en el lactosuero en proporciones variables: 40-70% de la vitamina B<sub>12</sub>, 55-75% de la B<sub>6</sub> y ácido pantoténico, 70-80% de la riboflavina y biotina, 80-90% de la tiamina, ácido nicotínico, ácido fólico y ácido ascórbico. La concentración de vitamina C se reduce durante el procesado, por lo que el suero no se considera una buena fuente de esta proteína. De todas las vitaminas liposolubles, la más abundante es la A (Renner *et al.*, 1991; Walzem, 2004).

#### f) pH

El pH es una escala que sirve para medir la acidez o basicidad de una solución. El pH puede variar entre 0 (soluciones muy ácidas) y 14 (soluciones muy alcalinas); el valor de pH 7 indica una solución neutra (Fox y McSweeney, 1998).

El suero dulce se genera durante la elaboración de quesos frescos, donde la coagulación es predominantemente enzimática (queso panela), el pH en lactosuero se encuentra entre 5.95 y 6.59, mientras que el suero de requesón tienen valores entre 5.48 y 6.8 (Park, 2006).



### g) Densidad

La densidad es una propiedad física utilizada para comparar las masas de diferentes sustancias o de una misma bajo diferentes condiciones. En la densidad de la leche influyen todos los constituyentes normales, así como todas aquellas sustancias extrañas que se adicionan de forma fraudulenta, tanto sólidos como líquidos. Existen muchas causas que actúan variando la densidad de la leche, como son la composición química, la temperatura de medición, la temperatura de almacenamiento, el tiempo transcurrido desde el ordeño, el ordeño fraccionado, la centrifugación y otras operaciones tecnológicas. Así, la densidad depende no sólo, de la temperatura del momento de la determinación, sino también de las temperaturas anteriores, y además este parámetro adquiere su valor más bajo poco después del ordeño, aumentando después lentamente. Generalmente, el tiempo que tarda en estabilizarse el valor de densidad de la leche depende de la temperatura anterior de almacenamiento. A 15°C tarda de 1 a 2 días, mientras que a 50°C lo suele hacer en seis horas. Este comportamiento recibe el nombre de Fenómeno de Recknagel, y depende de la lenta solidificación de la grasa y de la disminución de la cantidad de agua libre. Por ello la temperatura a que ha estado sometida la muestra de leche influye muy ligeramente en el resultado final (Periago, 2010).

En la tabla 6 se muestra el efecto del ajuste de la temperatura en el valor de densidad de la leche (Periago, 2010).

**Tabla 6:** Densidad de la leche a distintas temperaturas.

Tratamiento	Densidad
Leche mantenida 24 horas a 2°C, calentada a 15°C	1.03236
Leche mantenida 30 segundos a 45°C, enfriada a 15°C	1.03134
Leche mantenida 24 horas a 2°C, calentando a 30°C	1.03008
Leche mantenida 30 segundos a 45°C, enfriada a 30°C	1.02998

### 2.5. Aplicaciones del lactosuero

El lactosuero es una excelente materia prima para obtener diferentes productos a nivel tecnológico o como medio de formulación en procesos fermentativos. A pesar del problema de contaminación que se genera, existen una infinidad de productos que se pueden obtener. Dentro de estos productos están ácidos orgánicos, productos de panadería, bebidas para deportistas, alcoholes, bebidas fermentadas, gomas, empaques biodegradables sustancias inhibidoras de crecimiento, proteína unicelular, exopolisacáridos, concentrados proteicos, además, las proteínas del lactosuero tienen propiedades funcionales que permiten ser muy útiles en el área de los alimentos (Valencia, 2008).

Numerosos estudios en animales han mostrado el efecto anticarcinogénico de las proteínas del lactosuero en ratones alimentados con pienso normal o adicionado con 20 g/100 g de caseína, encontrándose que a las 28 semanas, se presentaba una menor incidencia y área de tumores en los ratones alimentados con este tipo de proteínas, mientras que el 33% de los alimentados con otras dietas como pienso normal habían muerto (Baro *et al.*, 2001).

La fuente de proteína ha sido evaluada para estos efectos sobre seguridad y consumo de alimentos en humanos. Una posible explicación de los efectos de las proteínas de lactosuero sobre el consumo de alimentos puede residir en los péptidos presentes y sus acciones fisiológicas relevantes al consumirlos regularmente (Chung *et al.*, 2009).

Entre algunas actividades biológicas del lactosuero se puede mencionar: Prevención del cáncer (de mama, intestinal), actividad anticarcinogénica, incremento de los niveles de glutatión, transporte, inmunomodulación, actividad antibacteriana, tratamiento de enfermedades inducidas por el estrés, etc. (Madureira *et al.*, 2007).

Por las diversas aplicaciones que tiene el suero de leche aplicaciones las empresas buscan nuevas alternativas en el uso del lactosuero para tener mayor rentabilidad y ofertas en la industria (Valencia, 2008).

### **2.5. La renina**

Conocida desde tiempos antiquísimos, es una enzima que se encuentra en estómago de las crías de los rumiantes. La renina coagula la caseína de la leche, convirtiéndola en para-caseína, que precipita en presencia de concentraciones adecuadas de ión calcio. En el proceso de elaboración del queso, se obtiene un cuajo al que se deja que experimente la sinéresis y se solidifique, esto se acelera por calentamiento suave. Las características finales del queso dependen, en gran manera, de la flora microbiana utilizada y de las condiciones y tiempo de maduración. El queso es la fracción caseínica de la leche que puede o no tener fracción grasa. Actualmente la renina ha sido

reemplazada en la industria quesera mundial por la quimosina recombinante, una enzima de origen microbiana modificada por de la ingeniería genética (OMG), con grandes ventajas en la eficiencia de producción de queso. La quimosina se obtiene a partir de los hongos *Kluyveromyces lactis* y *Aspergillus niger* transformados genéticamente con genes de vacuno. Este cuajo transgénico se utiliza normalmente en la UE y no existe obligación alguna respecto al etiquetado de los quesos obtenidos con este producto, al no considerarse el cuajo un ingrediente alimentario propiamente dicho (Zavala, 2005).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación

El estudio fue realizado en el Centro de Investigación y Producción “La Raya” de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, situado en el Distrito de Santa Rosa, Provincia de Melgar, Departamento de Puno, entre las coordenadas 13° 00' y 17° 18' de Latitud Sur y 71° 18' y 65° 50' de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con un patrón ambiental de sub-típico climático “D”, una temperatura de 9.5°C a -4.2°C y una precipitación pluvial anual de 525.7 mm, a una altitud de 4 136 a 5 740 (SENAMHI, 2013).

El análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio de, Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNA-Puno.

#### 3.2. Material experimental

##### a) Animales y muestras

Para el estudio se utilizaron 20 alpacas hembras Huacaya, de las cuales 10 correspondían a primerizas (de 2 a 3 años en promedio) y 10 a multíparas (mayores de 3 años). Todos los animales presentaron un aparente buen estado de salud tanto en el momento de selección como en el momento de la toma de muestras. El sustento alimenticio de todos estos animales fue en base a pastizales naturales de la zona y una forma de crianza tipo extensiva. Las muestras de leche se obtuvieron mediante ordeño manual.

**b) Materiales y equipos**Para la obtención de leche y suero:

- Agua, jabón y toallas
- Vasos de colección (vasos descartables)
- Frascos de plástico de 250 mL
- Gasa
- Caja tecnoport con hielo
- Renina (99% de pureza)
- Centrífuga
- Pipetas Pasteur
- Viales de 15 mL

Para análisis de laboratorio:

- Espectrofotómetro.
- Baño maría.
- pHmetro.
- Lactodensímetro
- Probetas de 250 mL
- Tubos de prueba
- Pipetas graduadas.
- Micropipetas automáticas.
- Gradillas.
- Cronometro.
- Material de vidrio diverso.

Reactivos:

- Kits de marcas registradas.
- Ácido sulfúrico
- Agua destilada

Material auxiliar:

- Cámara fotográfica
- Computadora

### 3.3. Métodos

#### a) Selección de animales

Del hato de madres primerizas y multíparas se eligieron los 20 animales mediante el método de selección aleatorio simple (método probabilístico en la cual cualquier animal del grupo tiene la misma probabilidad de ser seleccionado). Los animales seleccionados fueron examinados clínicamente con la finalidad de excluir animales enfermos. Cada animal fue identificado con marcas de pintura y registrado su código.

#### b) Toma de muestras de leche (ordeño)

La técnica de ordeño fue la manual, para lo cual primeramente se separaron las crías de sus madres aproximadamente 12 horas antes de realizar el ordeño (por la tarde). Al día siguiente en primeras horas de la mañana se realizó el ordeño, siguiendo las recomendaciones de un buen ordeño, entre ellos: lavado de manos con agua y jabón del ordeñador, limpieza de los pezones con paño embebido con alcohol de 70°, secado de los pezones, descarte de los tres primeros chorros y utilización de

materiales limpios. Para evitar el estrés de las madres, se realizó una fase de acostumbramiento de tres días antes de la toma de muestras para análisis.

La recepción de la leche se hizo en vasos descartables los que luego fueron traspasados a los frascos de plástico previa filtración con gasa. El volumen de leche colectado en cada ordeño fue de aproximadamente 30 mL. Los frascos fueron colocados en el termo refrigerado para su traslado al laboratorio.

### **c) Obtención de suero dulce de leche**

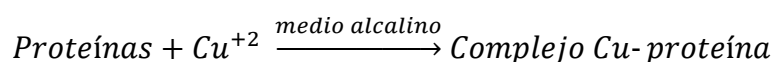
De cada muestra de leche colectada, se tomaron 20 mL de leche colocándolo en baño maría hasta 38°C para su adición de renina (cuajo) 0.2 mL (1 g en 100 mL de agua destilada). Luego de un la acción del cuajo (25-30 minutos), se procedió a centrifugar la muestra cuajada a 3000 rpm por 15 minutos, obteniéndose el suero de leche. Parte de este suero (2 mL) fue decantado en viales de plástico para el análisis bioquímico y luego congelado a -20°C hasta su procesamiento, y la otra parte fue conservado para la determinación del pH y densidad. En este último caso se colectaron las muestras de suero hasta obtener un volumen aproximado de 250 mL.



#### d) Análisis químico

##### **DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS TOTALES (Método del biuret)**

**Fundamento.-** En medio alcalino, los enlaces peptídicos de las proteínas reaccionan con el ión cúprico formando el complejo violeta-púrpura del biuret. La intensidad de absorción de este complejo a 540 nm es directamente proporcional a la concentración de las proteínas totales en la muestra. El tartrato de sodio y potasio presente en el reactivo, inhibe la formación de hidróxido de cobre, evitando así su precipitación. El yoduro de potasio previene la reducción del ion cúprico a óxido cuproso.



##### **Procedimiento**

- Se dispusieron 3 tubos marcados con B (blanco), S (estándar), y M (muestra).
- Al tubo S se agregó 10  $\mu\text{L}$  de solución estándar y al tubo M 10  $\mu\text{L}$  de muestra (lactosuero),
- Luego se agregaron a los 3 tubos 1 mL del reactivo de biuret.
- Se mezcló y se incubó 5 minutos a 37°C por 15 minutos
- Se leen las absorbancias a 540 nm de longitud de onda en el espectrofotómetro.

##### **Cálculo de resultados:**

El cálculo de proteínas totales se hizo a través de la siguiente fórmula:

$$[\text{Proteínas totales}] = \frac{[\text{estándar}]}{A_s} \times A_m$$

Donde:

$A_m$  = Absorbancia de la muestra.

$A_s$  = Absorbancia del estándar.

[Estándar] = Concentración del estándar de proteínas totales (4.9 g/dL)

### **Expresión de resultados**

Los resultados se expresan en gramos de proteínas totales por 100 mL de suero de leche (g/dL).

### **DETERMINACIÓN DE ALBUMINAS (Método del verde de bromocresol)**

**Fundamento.-** La albúmina reacciona específicamente (sin separación previa) con la forma aniónica de la 3,3',5,5'-tetrabromo cresolsulfon ftaleína (BCG). El aumento de absorbancia a 625 nm respecto del Blanco de reactivo, es proporcional a la cantidad de albúmina presente en la muestra.

### **Procedimiento**

- Se dispusieron 3 tubos marcados con B (blanco), S (estándar), y M (muestra).
- Al tubo S se agregó 10  $\mu$ L de solución estándar y al tubo M 10  $\mu$ L de muestra (lactosuero),
- Luego se agregaron a los 3 tubos 1 mL del reactivo de bromocresol.
- Se mezcló y se incubó por 10 minutos a 20°C.
- Se leen las absorbancias a 625 nm de longitud de onda en el espectrofotómetro.

### **Cálculo de resultados:**

El cálculo de albúminas se hizo a través de la siguiente formula:

$$[Albúminas] = \frac{[estándar]}{A_s} \times A_m$$

Donde:

$A_m$  = Absorbancia de la muestra.

$A_s$  = Absorbancia del estándar.

[estándar] = Concentración del estándar de albúminas (2.9 g/dL)

### **Expresión de resultados**

Los resultados se expresan en gramos de albúminas por 100 mL de suero de leche (g/dL).

### **DETERMINACIÓN DE GLOBULINAS**

**Fundamento.**- La determinación de globulinas se obtuvo por la diferencia de las concentraciones de albúmina de las proteínas totales:

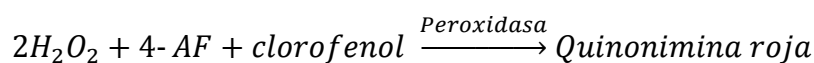
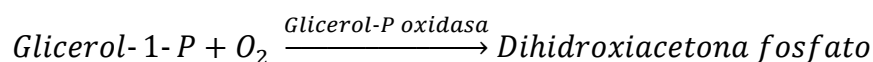
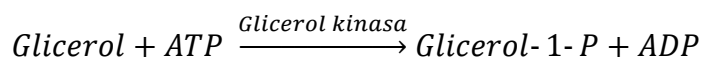
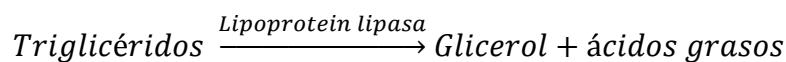
$$[Globulinas] = [Proteínas totales] - [Albúminas]$$

### **Expresión de resultados**

Los resultados se expresan en gramos de globulinas por 100 mL de suero lácteo (g/dL).

### **DETERMINACIÓN DE TRIGLICERIDOS (Método enzimático)**

**Fundamento.**- El principio del test es el siguiente:



La quinolona (cromógeno) producida es medida en el espectrofotómetro a 505 nm de longitud de onda.

### Procedimiento

- Se dispusieron 3 tubos marcados con B (blanco), S (estándar), y M (muestra).
- Al tubo S se agregó 20 µL de la solución estándar y al tubo M 20 µL de muestra (lactosuero).
- Luego se agregaron a los 3 tubos 1 mL del reactivo de trabajo (conteniendo las enzimas).
- Se mezcló y se incubó por 10 minutos a 25°C.
- Se leen las absorbancias a 505 nm de longitud de onda en el espectrofotómetro.

### Cálculo de resultados:

El cálculo de triglicéridos se hizo a través de la siguiente formula:

$$[\text{Triglicéridos}] = \frac{[\text{estándar}]}{A_s} \times A_m$$

Donde:

$A_m$  = Absorbancia de la muestra.

$A_s$  = Absorbancia del estándar.

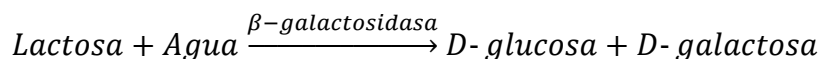
[Estándar] = Concentración del estándar de triglicéridos (200 mg/dL)

### Expresión de resultados

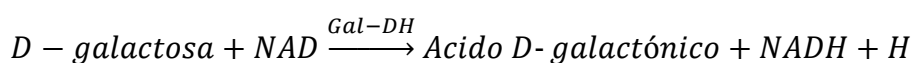
Los resultados se expresan en miligramos de triglicéridos por 100 mL de suero de leche (mg/dL).

### DETERMINACIÓN DE LACTOSA (Método enzimático UV de Boehringer Mannheim)

**Fundamento.**- La lactosa es hidrolizada a D-glucosa y D-galactosa a pH 6.6 en la presencia de la enzima  $\beta$ -galactosidasa y agua:



La D-galactosa es oxidada a pH 8.6 por la NAD a ácido D-galatónico en la presencia de la enzima  $\beta$ -galactosa dihidrogenasa (Gal-DH):



La cantidad de NADH formado en esta reacción es estequiométricamente la cantidad de lactosa y  $\beta$ -galactosa. El incremento en NADH es medido por medidas de su absorbancia a 334 nm de longitud de onda.

**Reactivos,-** Se utilizó un kit enzimático de Boehringer Mannheim, que conteniendo lo siguiente:

- Liofilizado conteniendo: buffer citrato, pH 6.6, 35 mg de NAD y sulfato de magnesio (botella 1).
- Suspensión de  $\beta$ -galactosidasa 100 U (botella 2).
- Buffer bifosfato de potasio pH 8.6 (botella 3)
- Suspensión de galactosa-deshidrogenasa 40 U (botella 4)
- Solución estándar de lactosa (botella 5)

#### **Preparación de soluciones**

- Se disuelve el contenido de la botella 1 con 7 mL de agua bidestilada (solución 1) Las otras botellas están listas para usar.

**Procedimiento**

- Se siguió en siguiente protocolo:

Pipetear en cubetas	Muestra blanco de lactosa	Muestra de lactosa
Solución 1	0.2 mL	0.2 mL
Suspensión 2	0.05 mL	0.05 mL
Muestra de suero	-.-	0.1 mL
Mezclar e incubar por 20 minutos a 25°C Luego agregar		
Solución 3	1 mL	1 mL
Agua bidestilada	2 mL	2 mL
Mezclar Después de 2 minutos leer las absorbancias de las soluciones (A1) Inicie la reacción con la adición de:		
Suspensión 4	0.05 mL	0.05 mL
Mezclar por inversión tapando las cubetas con papel parafilm. Incubar 15 minutos Detener la reacción con 50 µg de lactosa/cubeta. Leer las absorbancias de las soluciones (A2)		

**Cálculo**

Para el cálculo de lactosa se utilizó la siguiente fórmula (en g/L):

$$c = \frac{V \times MW}{e \times d \times v \times 1000} \times \Delta A_{lactosa}$$

Donde:

V = Volumen final (3.30 mL)

MW = Peso molecular de la lactosa (342.3 g/mol)

$v$  = Volumen de la muestra (0.1 mL)

$d$  = Longitud de paso de la luz (1 cm)

$e$  = Coeficiente de extinción del NADH a 334 nm (6.18 L/mmol/cm)

$$\Delta A_{\text{lactosa}} = (A_2 - A_1)_{\text{muestra}} - (A_2 - A_1)_{\text{blanco}}$$

Por lo tanto, la ecuación final es:

$$c = \frac{3.3 \times 342.3}{6.18 \times 1 \times 0.1 \times 1000} \times \Delta A_{\text{lactosa}} = 1.83 \times \Delta A_{\text{lactosa}}$$

### Expresión de resultados

Los resultados se expresan en gramos de lactosa por 100 mL de suero de leche (g/dL).

### e) Análisis físico

#### DETERMINACIÓN DEL pH (Método potenciométrico)

**Fundamento.-** La determinación se basa en la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en una muestra del producto mediante un aparato medidor de pH (potenciómetro). El valor del pH de la muestra se lee directamente en la escala del potenciómetro.

#### **Procedimiento**

- Se calibra el potenciómetro
- En un beaker de 25 mL se coloca unos 10 mL de suero.
- Se sumerge el electrodo sin tocar el fondo del vaso.
- Se realiza la lectura respectiva.
- Antes de proceder con la siguiente lectura, se enjuaga el electrodo con abundante agua destilada y luego se seca.

**Resultados.-** Los resultados se expresan entre 0 y 14.

### **DETERMINACIÓN DE DENSIDAD (Método del lactodensímetro)**

**Fundamento.-** Los lactodensímetros son aerómetros, cuerpos flotadores de vidrio lastrados en su parte inferior con varilla graduada. Cuando el aerómetro se introduce en la leche o suero lácteo sufre un impulso hacia arriba igual al peso del líquido desaloja (principio de Arquímedes), quedando el valor de densidad reflejado en la varilla graduada.

#### **Procedimiento**

- Calentar la muestra a 37-40°C y homogenizarla con una varilla de vidrio.
- Verter el suero de leche en una probeta de 250 mL por las paredes evitando la formación de espuma.
- Medir la temperatura hasta que descienda a 20°C
- Introducir con cuidado el lactodensímetro manteniendo el aparato en el eje de la probeta y provocar un ligero movimiento de rotación a fin de que no se pegue a las paredes.
- Esperar a que se estabilice y realizar la lectura de la densidad en la cúspide del menisco.

#### **Resultados**

Los resultados de densidad se expresan en g/mL.

#### **3.4. Análisis estadístico**

El estudio fue conducido en un Diseño Completo al Azar (DCA) cuyo modelo corresponde al aditivo lineal:

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



Donde:

$Y_{ij}$  : Variable de respuesta

$\mu$  : Media general

$\alpha_i$  : Efecto de la condición de la madre (primeriza, múltipara) ( $i = 1$  y  $2$ )

$\varepsilon_{ij}$  : Error experimental ( $j = 1, 2, \dots, 10$ )

El procesamiento de datos y el análisis estadístico se realizó utilizando los softwares Excel y SPSS (Versión 18).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis químico

#### a) Proteínas totales

Los resultados individuales de los niveles de proteínas totales en lactosuero de alpacas Huacaya primerizas y multíparas se encuentran en el anexo 1, y en la tabla 7 sus estadísticos descriptivos.

**Tabla 7:** Contenido de proteínas totales (g/dL) en lactosuero de alpaca según condición reproductiva.

Condición	n	Prom. $\pm$ E.E.	C.V. (%)	V.E.
Primeriza	10	0,862 $\pm$ 0,023 <sup>b</sup>	8,26	0,774 – 1,015
Multípara	10	0,932 $\pm$ 0,023 <sup>a</sup>	7,81	0,828 – 1,068
Total	20	0,897 $\pm$ 0,017		

Como se aprecia, existe una superioridad numérica en el contenido de proteínas en las hembras multíparas (0,932 g/dL) que en las primerizas (0,862 g/dL). El análisis de varianza (ANVA) (Anexo 7) indica que la diferencia existente es significativa ( $P \leq 0,05$ ). Esta diferencia podría ser atribuida a la edad de la madre y, por consiguiente, al pleno desarrollo de las glándulas mamarias. Es decir, en las primerizas, las glándulas mamarias aún están en pleno desarrollo por lo que el contenido de proteínas es menor al de madres con varios partos, que ya han desarrollado plenamente las glándulas.

No se ha podido encontrar estudios referidos a las diferencias en la composición química entre primerizas y multíparas en la alpaca y otras

especies, pero sí muchos autores indican que existen diversos factores que afectan la composición de la leche. Por ejemplo, Quiles y Hevia (1994), Pintado *et al.* (2001) y Jelen (2003) señalan que la composición del lactosuero depende del tipo de queso elaborado, de las técnicas de elaboración queseras empleadas, del tratamiento que experimenta el suero líquido, del estado fisiológico del animal, del tipo de raza y especie. Por su parte, Alais (2003), Scott (1991) e Inda (2000) agregan que además de los factores indicados, influyen la composición química de la leche utilizada como materia prima y de manera muy significativa, de las condiciones de procesamiento del queso, aunque los macroconstituyentes son relativamente poco variables en su contenido.

El promedio general de proteínas totales en lactosuero dulce de alpaca encontrado en el presente estudio es de 0,897 g/dL que se encuentra dentro del rango establecido para otras especies mamíferas domésticas como la vaca, la cabra y la oveja. Por ejemplo, Jelen (1992), Riera *et al.* (1996) y Casper *et al.* (1998) reportan un nivel de proteínas para lactosuero de vaca entre 0,6 y 1 g/dL; Casper *et al.* (1998) reporta 7,7 g/dL de proteínas en cabras; sin embargo, es inferior al reportado por Riera *et al.* (1996) y Casper *et al.* (1998) en ovejas, quienes reportan un contenido de proteínas entre 10,5 y 18,7, diferencias atribuibles a la especie y a otros factores indicados anteriormente.

Existen muchos estudios referidos al contenido de proteínas en el lactosuero de vacas, obviamente por la gran producción de leche que se produce en esta especie y que gran porcentaje va dirigido a la

elaboración del queso. Pero, la mayoría de estos estudios reportan un contenido de proteínas que están próximos al encontrado este estudio en alpacas. Por ejemplo Chamorro y Losada (2002), Muñi *et al.* (2005) establecen un rango entre 0,6 a 1 g/dL de proteínas; Miranda *et al.* (2009) reporta 0,96 g/dL de proteína bruta. De igual forma Scott (1991) señala que las proteínas lactoséricas constituyen aproximadamente el 0,7%.

### b) Albúminas y globulinas

Los resultados individuales del contenido de albúminas y globulinas en lactosuero de alpacas Huacaya primerizas y multíparas se encuentran en los anexos 2 y 3; y en las tablas 8 y 9 los principales estadísticos descriptivos.

**Tabla 8:** Contenido de albúminas (g/dL) en lactosuero de alpaca según condición reproductiva.

Condición	n	Prom. ± E.E.	C.V. (%)	V.E.
Primeriza	10	0,526 ± 0,012 <sup>a</sup>	6,93	0,473 – 0585
Multípara	10	0,546 ± 0,010 <sup>a</sup>	6,04	0,478 – 0,591
Total	20	0,536 ± 0,008		

Los resultados del ANVA (Anexo 8) indican que no existe diferencia en el contenido de albúminas lactoséricas entre primerizas y multíparas ( $P < 0,05$ ), siendo el promedio general de 0,536 g/dL.

**Tabla 9:** Contenido de globulinas (g/dL) en lactosuero de alpaca según condición reproductiva.

Condición	n	Prom. ± E.E.	C.V. (%)	V.E.
Primeriza	10	0,336 ± 0,024 <sup>a</sup>	22,67	0,264 – 0,531
Múltipara	10	0,386 ± 0,028 <sup>a</sup>	22,96	0,269 – 0,558
Total	20	0,361 ± 0,019		

El ANVA (Anexo 9) señala que la diferencia en el contenido de globulinas en el lactosuero de alpacas primerizas y múltiparas solo es numérica ( $P < 0,05$ ), siendo el promedio general de 0,361 g/dL.

No se ha podido encontrar estudios referidos al contenido de albúminas y globulinas en otras especies, incluido la alpaca, pero consideramos que los valores encontrados corresponden a los valores normales en lactosuero de alpaca. Sin embargo, hay estudios más finos de los componentes proteicos en suero lácteo. Así, por ejemplo, Casper *et al.* (1998), señala que las principales proteínas séricas son la  $\beta$ -lactoglobulina ( $\beta$ -LG), la  $\alpha$ -lactalbúmina ( $\alpha$ -LA), inmunoglobulinas (Igs), la seroalbúmina (BSA) y las proteosomas peptonas. Junto a éstas, aparecen otras proteínas minoritarias como el glicomacropéptido, lactoferrina, y enzimas como la lactoperoxidasa. Las diferencias encontradas en el perfil proteico pueden ser consecuencia de las variaciones estacionales, de la etapa de lactación, de la raza, de la alimentación y de las técnicas de elaboración queseras empleadas. Por su parte, Baro *et al.* (2001) e Inda (2000) señalan que las proteínas no constituyen la fracción más interesante en el aspecto económico y nutricional del lactosuero, pues

está contiene una rica y variada mezcla de proteínas secretadas que poseen amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales; entre ellas la  $\beta$ -lactoglobulina, la  $\alpha$ -lactoalbúmina y otras proteínas como la lactoferrina, la lactoperoxidasa, las inmunoglobulinas y glicomacropéptidos. Gil (2010) agrega que también contiene metaloproteínas como la transferrina y la ceruloplasmina.

### c) Triglicéridos

En el Anexo 4, se encuentran los resultados del contenido de triglicéridos en lactosuero de alpacas primerizas y múltiparas, y en la Tabla 10 sus estadísticos descriptivos.

**Tabla 10:** Contenido de triglicéridos en lactosuero (g/dL) de alpaca según condición reproductiva.

Condición	n	Prom. $\pm$ E.E.	C.V. (%)	V.E.
Primeriza	10	0,151 $\pm$ 0,007 <sup>a</sup>	15,30	0,125 – 0,184
Múltipara	10	0,170 $\pm$ 0,009 <sup>a</sup>	16,81	0,125 – 0,200
Total	20	0,161 $\pm$ 0,006		

El ANVA (Anexo 10) indica que no hay diferencia significativa en el contenido de triglicéridos en el lactosuero de alpacas primerizas y múltiparas ( $P < 0,05$ ). El promedio general de triglicéridos en lactosuero dulce de alpaca encontrado en el presente estudio es de 0,161 g/dL, valor que se considera normal en alpacas.

Hay estudios que reportan el contenido de grasa en lactosuero, en el cual se incluyen muchos lípidos, siendo los triglicéridos los mayoritarios (más de 90%). Por esta razón, se puede considerar que el contenido de

triglicéridos en el suero de leche alpaca se encuentra dentro del rango establecido por Jelen (1992), Riera *et al.* (1996) y Casper *et al.* (1998), quienes reportan un contenido de grasa entre 0,2 y 1 g/dL para lactosuero de vaca. Sin embargo, sería inferior al de Casper *et al.* (1998) quienes reportan 5,1 g/dL de grasa en cabras. Asimismo, Riera *et al.* (1996) y Casper *et al.* (1998) indican un rango de 6,46 a 8,2 de grasa en lactosuero dulce de ovejas, diferencias atribuibles no solo al componente analizado, sino a la especie, a la técnica empleada y a otros factores.

Por los resultados encontrados, se podría generalizar que el contenido de lípidos en lactosuero de alpacas es baja, al igual que en muchas otras especies, resultado que es confirmado por Walzem (2004), quien señala que la concentración de lípidos en el lactosuero de diversas especies es baja. De igual forma, Jelen (1992) menciona que la cantidad de lípidos suele estar entre 0,5 y 1%, aunque depende del tipo de leche, del tipo de queso y de la eficiencia en el proceso de fabricación quesera.

Plata *et al.* (2012) en Colombia, caracterizaron el lactosuero dulce de cabras encontrando un contenido de grasa de 0,51%, valor superior al encontrado en nuestro estudio, obviamente por los demás componentes incluidos en la fracción lipídica. Al respecto, Alais (2003) indica que en la fase lipídica de la leche y el suero lácteo se encuentran tres clases de sustancias asociadas, los *lípidos neutros*, la materia grasa propiamente dicha, constituida por glicéridos; los *lípidos polares*, fosfolípidos de naturaleza compleja; las sustancias lipoídicas o “insaponificables”, insolubles en agua, entre ellas se encuentran las vitaminas.

Park (2006) encontró que la leche de cabra contiene 97-99% de lípidos libres y 1-3% de lípidos ligados a otras sustancias, dentro de los lípidos libres se encuentran los triglicéridos, diglicéridos y monoglicéridos, mientras que los lípidos ligados lo constituyen lípidos neutros, principalmente triglicéridos, y lípidos polares (fosfolípidos y glicolípidos).

Comparando con el lactosuero de vacas, por distintos autores, encontramos el de Chamorro y Losada (2002) establecen un rango entre 0,1 y 0,4% de grasa para lactosuero dulce de vaca; Muñi *et al.* (2005) entre 0,5 a 7 g/dL de grasa y Miranda *et al.* (2009) reporta 0,33 g/dL de grasa. Todos superiores debido a que constituye toda la fracción lipídica.

#### d) Lactosa

En el Anexo 5 se encuentran los resultados del contenido de lactosa en lactosuero de alpacas del presente estudio y en la Tabla 11 sus estadísticos descriptivos.

**Tabla 11:** *Contenido de lactosa en lactosuero (g/dL) de alpaca según condición reproductiva.*

Condición	n	Prom. ± E.E.	C.V. (%)	V.E.
Primeriza	10	4,56 ± 0,16 <sup>a</sup>	11,46	3,92 – 5,45
Múltipara	10	4,53 ± 0,17 <sup>a</sup>	12,23	4,04 – 5,53
Total	20	4,54 ± 0,12		

El ANVA (anexo 11) demuestra que estadísticamente la diferencia en el contenido de lactosa entre primerizas y múltiparas es solo aritmética



( $P>0,05$ ). Por lo tanto, el promedio general de lactosa en lactosuero dulce de alpaca encontrado en el presente estudio es de 4,54 g/dL.

Al respecto, Scott (1991) señala que la concentración de lactosa en el suero es bastante constante y que dependen de la proporción de lactosa original que ha sido degradada a ácido láctico; y que por lo general los sueros ácidos presentan menor contenido de lactosa que los sueros dulces, y consecuentemente, un alto contenido en ácido láctico a raíz de que durante la fermentación bacteriana parte de la lactosa se transforma en ácido láctico.

Jelen (2003), indica que la lactosa no sólo el principal carbohidrato de la leche, sino también el componente principal del lactosuero (aparte del agua), constituyendo aproximadamente el 4,4 - 4,9% del total del suero, rango en el que se encuentra el lactosuero de alpaca hallado en este estudio.

El promedio de lactosa encontrado en el presente estudio (4,54 g/dL) son ligeramente inferiores a otras especies. Por ejemplo Jelen (1992), Riera *et al.* (1996a) y Casper *et al.* (1998) reportan un contenido de lactosa entre 4,6 y 5,2 g/dL para lactosuero dulce de vaca. De igual forma, Casper *et al.* (1998) reporta 4,7 g/dL de lactosa en cabras. Y, Riera *et al.* (1996) y Casper *et al.* (1998) indican un valor de 5,1 g/dL de lactosa en lactosuero dulce de ovejas, diferencias atribuibles a la propia especie.

Plata *et al.* (2012) en Colombia, caracterizaron el lactosuero dulce de cabras encontrando un contenido de lactosa entre 3,8 y 5,12%, rango en el que se encuentra el presente estudio.

Comparando con otros estudios de lactosuero de vacunos, tenemos el de y Chamorro y Losada (2002), quienes establecen un rango entre 4,5 a 5,3% de lactosa para el suero dulce; Muñi *et al.* (2005) reporta entre 4,6 a 5,2 g/dL de lactosa y Miranda *et al.* (2009) reporta 4,67 g/dL de lactosa, nuestro resultado se encuentra dentro de estos rangos, lo que significa que el lactosuero dulce de la alpaca no difiere significativamente del de las otras especies mamíferas domésticas.

#### 4.2. Análisis físico

##### a) pH

Los resultados del pH en lactosuero de alpacas están en el Anexo 6 y sus estadísticos descriptivos en la Tabla 12.

**Tabla 12:** pH en lactosuero de alpaca según condición reproductiva.

Condición	n	Prom. ± E.E.	C.V. (%)	V.E.
Primeriza	10	6,47 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,15	6,38 – 6,62
Múltipara	10	6,49 ± 0,04 <sup>a</sup>	1,80	6.20 – 6,62
Total	20	6,48 ± 0,02		

El ANVA (Anexo 11) indica que no existe una diferencia significativa en el pH del lactosuero obtenido de alpacas primerizas y múltiparas ( $P > 0,05$ ). Por lo tanto, el promedio de pH encontrado en este estudio es de 6,48, valor cercano a la neutralidad. Este valor se encuentra dentro

del rango establecido por Park (2006) (5,95-6,59) para lactosuero dulce de distintas especies.

El promedio general de pH en lactosuero dulce de alpaca encontrado en el presente estudio (6,48), es casi similar al lactosuero dulce de otras especies. Por ejemplo, Jelen (1992), Riera *et al.* (1996) y Casper *et al.* (1998) reportan un pH entre 5,9 a 6,4 para lactosuero dulce de vaca. De igual forma, Casper *et al.* (1998) reporta un pH de 6,2 en cabras; y, Riera *et al.* (1996) y Casper *et al.* (1998) indican un valor de 6,3 de pH para lactosuero dulce de ovejas, las pequeñas diferencias pueden atribuirse a la especie y al tipo de obtención del lactosuero empleado.

Plata *et al.* (2012) en Colombia, caracterizaron el lactosuero dulce de cabras encontrando un promedio de pH de 6.38, ligeramente inferior al encontrado en el presente estudio.

Otros estudios realizados el lactosuero de vacas también reportan valores similares al de alpacas. Por ejemplo Chamorro y Losada (2002) establece un pH de 6,4 para el suero dulce de vacas; Muñi *et al.* (2005) establece un rango entre 5,6 y 6,1 de pH y Miranda *et al.* (2009) reporta pH de 6,62.

#### **b) Densidad**

En el Anexo 6 se encuentran los resultados de densidad en lactosuero de alpacas primerizas y multíparas, y en la Tabla 13 sus estadísticos descriptivos.

**Tabla 13:** Densidad (g/mL) en lactosuero (g/dL) de alpaca según condición reproductiva.

Condición	n	Prom. $\pm$ E.E.	C.V. (%)	V.E.
Primeriza	10	1,025 $\pm$ 0,001 <sup>a</sup>	0,192	1,022 – 1,028
Múltipara	10	1,027 $\pm$ 0,001 <sup>a</sup>	0,256	1,024 – 1,032
Total	20	1,026 $\pm$ 0,0005		

El ANVA (Anexo 12) muestra que no existe una diferencia significativa en la densidad del lactosuero obtenido de alpacas primerizas y múltiparas ( $P > 0,05$ ). Por lo tanto, el promedio de densidad en alpacas es de 1,026. Este valor se encuentra dentro del rango establecido por Park (2006) (5,95-6,59) para lactosuero dulce de distintas especies.

Miranda *et al.* (2009) reporta una densidad de 1,025 para lactosuero dulce de vacas de Bayamo (Cuba), resultado similar al de alpacas del presente estudio. Por otro lado, Plata *et al.* (2012) en Colombia, caracterizaron el lactosuero dulce de cabras encontrando un promedio de densidad de 1,034, ligeramente superior al de lactosuero dulce de alpacas encontrado en el presente estudio, diferencia atribuible al mayor contenido de proteínas en lactosuero de cabras (1,18 g/dL).

## V. CONCLUSIONES

### 5.1. Parámetros químicos

- El contenido de proteínas totales en lactosuero de hembras multíparas (0,932 g/dL) es mayor que de hembras primerizas (0,862 g/dL) ( $P \leq 0,05$ ).
- No existe diferencia significativa en el contenido de albúminas y globulinas en lactosuero de hembras primerizas y multíparas ( $P \leq 0,05$ ), siendo los promedios de 0,536 g/dL y de 0,361 g/dL, respectivamente.
- No hay diferencia significativa en el contenido de triglicéridos en el lactosuero de alpacas primerizas y multíparas ( $P \leq 0,05$ ), siendo el promedio general de 0,161 g/dL.
- El contenido de lactosa en lactosuero de primerizas y multíparas es semejante ( $P > 0,05$ ), siendo el promedio de 4,54 g/dL.

### 5.2. Parámetros físicos

- No existe diferencia significativa en el pH del lactosuero obtenido de alpacas primerizas y multíparas ( $P > 0,05$ ), siendo el promedio de 6,48.
- El promedio de densidad en lactosuero de alpacas es de 1,026, no existiendo diferencia significativa entre hembras primerizas y multíparas ( $P > 0,05$ ).

## VI. RECOMENDACIONES

- Proseguir estudios referidos a la caracterización físico-química de la leche y lactosuero de alpacas.
- Realizar estudios más especializados en las proteínas lactoséricas presentes en alpacas.
- Determinar el contenido de aminoácidos, minerales, vitaminas del complejo B y vitamina C en el lactosuero de alpacas.
- Comparar estudios de caracterización del lactosuero dulce y ácido de alpaca.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alais C. 2003. Ciencia de la Leche: Principios de Técnica Lechera. Edit. Reverté, S.A.
- Baldasso C., T. Barros and I. Tessaro. 2011. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. *Desalination* 278, 381 - 386.
- Baro L., J. Jiménez, A. Martínez y J. Bouza. 2001. Péptidos y proteínas de la leche con propiedades funcionales. *J. Ars. Pharmaceutica*. 42(3-4): 135-145.
- Brito C. 2000. Guía de práctica queso Chanco. Curso de laboratorio de tecnología de la leche. Magister en Ciencia y Tecnología de la leche. Valdivia. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile.
- Candioti M .C., C.A. Zalazar, C.A. Meinardi, and E. Hynes, 2001. Susceptibility of whey proteins to the action of commercial proteases used in food processing. *Australian Journal of Dairy Technology*. 56 (1):35-37.
- Casper J.L., W.L., Wendorff and D.L. Thomas 1998. Seasonal changes in protein composition of whey from commercial manufacture of caprine and ovine specialty cheeses. *Journal of Dairy Science*, 81(12), 3117–3122.
- Chamorro M. y M. Losada 2002. El Análisis Sensorial de los Quesos (págs. 32 - 36). Madrid: Mundi – Prensa.
- Chung, S., P. Moughan, A. Awati and H. Morton. 2009. The influence of whey protein and glycomacropeptide on satiety in adult humans. *Physiology & Behavior* 96(1): 162–168.
- Córdova R. 2013. Metodología alternativa para la reutilización del suero de queso en base a derivados de la industria cañera. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Ambiental. Fac. de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana.
- Fernández F., S. Saad., M. Calvo ., A. Canedi y M. Hernández. 1997. Características de la leche de vicuña (*mammalia, camelidae*). *Mastozoología Neotropical*; 4(2):97-103. Sitio Argentino de Producción Animal.
- Fox F. & P. McSweeney 1998. Dairy chemistry and biochemistry. Blackie Academic and Professional, London, U.K. 479p.
- Gil, A. 2010. Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Madrid: Médica Panamericana.

- Hernández R. M. y J. F. Vélez. 2014. Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. *Temas Selectos de Alimentos* 8-2(2014) 13-22.
- Inda A. 2000. Optimización de Rendimiento y Aseguramiento de Inocuidad en la Industria de Quesería. *Organización de Estados Americanos*. 155p.
- Jelen P. 1992. Whey: composition, properties, processing and uses. En Y.H. Hui, *Encyclopedia of food science and technology* (2835-2845). New York: John Wiley & Sons (Wiley-Interscience Publication).
- Jelen, P. 2003. Whey processing: Utilization and products. En H. Roginski, J.W. Fuquay, & P.F. Fox, *Encyclopedia of dairy sciences* (Vol. 4) (2739-2745). Londres: Academic Press (Elsevier Science).
- Madureira A. R., C. Pereira., A. Gomes ., M. Pintado., and X. Malcata 2007. Bovine whey proteins – Overview on their main biological properties. [Food Research International Volume 40, Issue 10](#), December 2007, Pages 1197–1211.
- Miranda O., I. Ponce., P. Fonseca., M. Cutiño., R. Díaz., C. Cedeño. 2009. Características fisicoquímicas de sueros de queso dulce y ácido producidos en el combinado de quesos de Bayamo. *Rev Cub Aliment Nutr* 2009; 19(1):21-25
- Mullaichram A.R. 2014. A review on medicinal properties of camel milk. *World Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2(3):237-241.
- Munguía J.L. 2010. Manual de procedimientos para análisis de calidad de la leche. TechnoServe, Nicaragua.
- Muñi A, G. Paez, J. Faria, J. Ferrer , E. Ramones. 2005. Eficiencia de un sistema de ultrafiltración/nanofiltración tangencial en serie para el fraccionamiento y concentración del lactosuero. *Rev Científica FCV-LUZ XV* (4): 361-367.
- Ng-Kwai-Hang K.F. 2003. Milk proteins: Heterogeneity, fractionation and isolation. En H. Roginski, J.W. Fuquay, & P.F. Fox, *Encyclopedia of dairy sciences* (Vol. 3) (1881-1894). Londres: Academic Press (Elsevier Science).
- Novoa C. y A. Flores. 1991. Producción de rumiantes menores: Alpacas. Programa de Apoyo a la Investigación Colaborativa de Rumiantes Menores en convenio con la Universidad de California, Davis-INIAA.
- Panesar P., Kennedy, D., Gandhi, D. and Bunko, K. 2007. Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, 105(1), 1-14.



- Park, Y.W. 2006. Goat milk. Chemistry and nutrition. En Y.W. Park & G.F.W. Haenlein, Handbook of milk of non-bovine mammals (34-58). Londres: Blackwell Publishing.
- Parra R. 2009. Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 62(1), 4967 - 4982.
- Parraguez V.H., M. Thénot, E. Latorre, G. Ferrando and L.A. Raggi. 2003. Milk composition in alpaca (*Lama pacos*): comparative study in two regions of Chile. Arch. Zootec. 52: 431-439. 2003.
- Periago J. 2010. Higiene, inspección y control de calidad de la leche. HICA-Universidad de Murcia.
- Pintado, M.E., J.A. Lopes da Silva., & F.X. Malcata. 1999. Comparative characterization of whey protein concentrates from ovine, caprine and bovine breeds. Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie, 32(4), 231-237.
- Pintado, M.E., A.C. Macedo., and F.X. Malcata. 2001. Review: Technology, chemistry and microbiology of whey cheeses. Food Science and Technology International, 7(2), 105-116.
- Plata A., S. Ramírez y C. Riaño. 2012. Composición química y enriquecimiento del lactosuero de leche de caprino para la producción de ácido láctico con *Lactobacillus helveticus*. Revista de Investigación Agraria y Ambiental – Volumen 3 Número 2 – julio-diciembre 2012 – ISSN 2145-6097
- Poveda, E. 2013. Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. Revista Chilena de Nutrición, 40(4), 397-403.
- Quiles A. y M.L. Hevia. 1994. La leche de cabra. Murcia: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Murcia.
- Renner, E. and M.H. Abd El-Salam. 1991. Applications of ultrafiltration in the dairy industry. Londres: Elsevier Applied Science.
- Riera F.A., R. Álvarez., M.A. Arguello. y M. Cabero. 1996. Fraccionamiento y aprovechamiento de proteínas del suero lácteo (I). Propiedades físico-químicas y biológicas de las proteínas. ILE, 206(abril), 49-61.
- Roser S. y J. Mestres. 2004. Productos Lácteos: Tecnología. Barcelona: Ediciones UPG.
- Scott, R. 1991. Fabricación de queso. Zaragoza, Acribia S.A.

- Sepúlveda J., L. Flórez . y Peña C. 2002. Utilización de lactosuero de queso fresco en la elaboración de una bebida fermentada con adición de pulpa maracuyá (*Passiflora edulis*) variedad púrpura y carbóximetil celulosa, enriquecida con vitaminas A y D. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín. Vol.55, No. 2.p.1633-1674.2002.
- Smithers G.W. 2008. Whey and whey proteins - From 'gutter-to-gold'. International Dairy Journal, 18(7), 695-704.
- Spellman, D., G. O'Cuinn and R. FitzGerald. 2009. Bitterness in Bacillus proteinase hydrolysates of whey proteins. Food Chemistry 114(2): 440–446.
- Spreer D. E. 1991. Lactología industrial. Acribia, Zaragoza, pp.527-549.
- Valencia J. 2008. El suero de la quesería y sus posibles aplicaciones. En Mundo Lácteo y Cárnico.
- Van der Schans 2002. Valorización del suero. Universidad de Ciencias Aplicadas del Occidente, Departamento de Tecnología de Alimentos, Suiza.
- Walstra P. y R. Jenness. 1987. Química y Física Lactológica. Editorial Acribia,S.A. Zaragoza, España.
- Walzem R. 2004. Nutritional properties of whey, lactose, and milk minerals products: Nutritional properties of whey products. En J. Page, D. Meyer, B. Haines, V.
- Wit J. 1998. Nutritional and Functional Characteristics of Whey Proteins in Food Products. Journal of Dairy Science Vol. 81, No. 3, 597 – 608.
- Zadow J. G. 1992. Whey and lactose processing. Elsevier Science Publishers LTD: England, pp2-5.
- Zavala J. 2005. Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche. Dirección General de Promoción Agraria, Ministerio de Agricultura-Perú.

# ANEXOS

**ANEXO 1:** Absorbancias (A), concentración de proteínas totales (PT) (en g/dL) y estadísticos en lactosuero de alpacas según condición.

PRIMERIZAS			MULTIPARAS		
Nº	A	PT	Nº	A	PT
1	0,030	<b>0,801</b>	1	0,037	<b>0,988</b>
2	0,032	<b>0,854</b>	2	0,035	<b>0,935</b>
3	0,030	<b>0,801</b>	3	0,031	<b>0,828</b>
4	0,035	<b>0,935</b>	4	0,040	<b>1,068</b>
5	0,031	<b>0,828</b>	5	0,032	<b>0,854</b>
6	0,032	<b>0,854</b>	6	0,037	<b>0,988</b>
7	0,029	<b>0,774</b>	7	0,035	<b>0,935</b>
8	0,033	<b>0,881</b>	8	0,033	<b>0,881</b>
9	0,033	<b>0,881</b>	9	0,036	<b>0,961</b>
10	0,038	<b>1,015</b>	10	0,033	<b>0,881</b>
<b>PROM</b>		<b>0,862</b>			<b>0,932</b>
<b>DS</b>		<b>0,071</b>			<b>0,073</b>
<b>CV</b>		<b>8,262</b>			<b>7,812</b>
<b>MIN</b>		<b>0,774</b>			<b>0,828</b>
<b>MAX</b>		<b>1,015</b>			<b>1,068</b>

**ANEXO 2:** Absorbancias (A), concentración de albúminas (ALB) (en g/dL) y estadísticos en lactosuero de alpacas según condición.

PRIMERIZAS			MULTIPARAS		
Nº	A	ALB	Nº	A	ALB
1	0,097	<b>0,521</b>	1	0,100	<b>0,537</b>
2	0,100	<b>0,537</b>	2	0,103	<b>0,553</b>
3	0,088	<b>0,473</b>	3	0,102	<b>0,548</b>
4	0,109	<b>0,585</b>	4	0,095	<b>0,510</b>
5	0,105	<b>0,564</b>	5	0,109	<b>0,585</b>
6	0,102	<b>0,548</b>	6	0,104	<b>0,558</b>
7	0,092	<b>0,494</b>	7	0,102	<b>0,548</b>
8	0,095	<b>0,510</b>	8	0,110	<b>0,591</b>
9	0,102	<b>0,548</b>	9	0,102	<b>0,548</b>
10	0,090	<b>0,483</b>	10	0,089	<b>0,478</b>
<b>PROM</b>		<b>0,526</b>			<b>0,546</b>
<b>DS</b>		<b>0,037</b>			<b>0,033</b>
<b>CV</b>		<b>6,937</b>			<b>6,035</b>
<b>MIN</b>		<b>0,473</b>			<b>0,478</b>
<b>MAX</b>		<b>0,585</b>			<b>0,591</b>

**ANEXO 3:** Concentración de globulinas (GLOB) (en g/dL) y estadísticos  
en lactosuero de alpacas según condición.

PRIMERIZAS				MULTIPARAS			
Nº	PT	ALB	GLOB	Nº	PT	ALB	GLOB
1	0,801	0,521	<b>0,280</b>	1	0,988	0,537	<b>0,451</b>
2	0,854	0,537	<b>0,317</b>	2	0,935	0,553	<b>0,381</b>
3	0,801	0,473	<b>0,328</b>	3	0,828	0,548	<b>0,280</b>
4	0,935	0,585	<b>0,349</b>	4	1,068	0,510	<b>0,558</b>
5	0,828	0,564	<b>0,264</b>	5	0,854	0,585	<b>0,269</b>
6	0,854	0,548	<b>0,307</b>	6	0,988	0,558	<b>0,429</b>
7	0,774	0,494	<b>0,280</b>	7	0,935	0,548	<b>0,387</b>
8	0,881	0,510	<b>0,371</b>	8	0,881	0,591	<b>0,290</b>
9	0,881	0,548	<b>0,333</b>	9	0,961	0,548	<b>0,413</b>
10	1,015	0,483	<b>0,531</b>	10	0,881	0,478	<b>0,403</b>
<b>PROM</b>			<b>0,336</b>				<b>0,386</b>
<b>DS</b>			<b>0,076</b>				<b>0,089</b>
<b>CV</b>			<b>22,665</b>				<b>22,957</b>
<b>MIN</b>			<b>0,264</b>				<b>0,269</b>
<b>MAX</b>			<b>0,531</b>				<b>0,558</b>

**ANEXO 4:** Absorbancias (A), concentración de triglicéridos (TG) (en g/dL) y estadísticos en lactosuero de alpacas según condición.

PRIMERIZAS			MULTIPARAS		
Nº	A	TG	Nº	A	TG
1	0,090	<b>0,148</b>	1	0,114	<b>0,187</b>
2	0,077	<b>0,126</b>	2	0,076	<b>0,125</b>
3	0,087	<b>0,143</b>	3	0,117	<b>0,192</b>
4	0,082	<b>0,134</b>	4	0,118	<b>0,193</b>
5	0,107	<b>0,175</b>	5	0,084	<b>0,138</b>
6	0,080	<b>0,131</b>	6	0,099	<b>0,162</b>
7	0,106	<b>0,174</b>	7	0,122	<b>0,200</b>
8	0,107	<b>0,175</b>	8	0,106	<b>0,174</b>
9	0,112	<b>0,184</b>	9	0,082	<b>0,134</b>
10	0,076	<b>0,125</b>	10	0,120	<b>0,197</b>
<b>PROM</b>		<b>0,151</b>			<b>0,170</b>
<b>DS</b>		<b>0,023</b>			<b>0,029</b>
<b>CV</b>		<b>15,299</b>			<b>16,814</b>
<b>MIN</b>		<b>0,125</b>			<b>0,125</b>
<b>MAX</b>		<b>0,184</b>			<b>0,200</b>

**ANEXO 5:** Absorbancias (A1 y A2), concentración de lactosa (LAC) (en g/dL) y estadísticos en lactosuero de alpacas según condición.

PRIMERIZAS				MULTIPARAS			
Nº	A1	A2	LAC	Nº	A1	A2	LAC
1	0,639	0,965	4,98	1	0,401	0,698	4,45
2	0,391	0,743	5,45	2	0,362	0,638	4,06
3	0,293	0,565	3,99	3	0,347	0,623	4,06
4	0,321	0,620	4,48	4	0,322	0,645	4,92
5	0,306	0,610	4,58	5	0,313	0,602	4,30
6	0,295	0,634	5,22	6	0,364	0,645	4,15
7	0,297	0,600	4,56	7	0,334	0,609	4,04
8	0,313	0,581	3,92	8	0,315	0,609	4,39
9	0,333	0,625	4,36	9	0,322	0,678	5,53
10	0,324	0,599	4,04	10	0,305	0,653	5,38
<b>PROM</b>			4,56				4,53
<b>DS</b>			0,52				0,55
<b>CV</b>			11,46				12,23
<b>MIN</b>			3,92				4,04
<b>MAX</b>			5,45				5,53



**ANEXO 6:** Determinación de pH, densidad y estadísticos en lactosuero  
de alpacas según condición.

pH			Densidad		
Nº	PRIMERIZA	MULTIPARA	Nº	PRIMERIZA	MULTIPARA
1	6,38	6,54	1	1,023	1,029
2	6,54	6,58	2	1,025	1,026
3	6,52	6,48	3	1,028	1,024
4	6,42	6,62	4	1,025	1,028
5	6,45	6,40	5	1,022	1,027
6	6,40	6,52	6	1,025	1,024
7	6,62	6,49	7	1,027	1,025
8	6,42	6,53	8	1,027	1,028
9	6,45	6,51	9	1,023	1,032
10	6,50	6,20	10	1,026	1,024
<b>PROM</b>	<b>6,47</b>	<b>6,49</b>		<b>1,025</b>	<b>1,027</b>
<b>DS</b>	<b>0,07</b>	<b>0,12</b>		<b>0,002</b>	<b>0,003</b>
<b>CV</b>	<b>1,15</b>	<b>1,80</b>		<b>0,192</b>	<b>0,256</b>
<b>MIN</b>	<b>6,38</b>	<b>6,20</b>		<b>1,022</b>	<b>1,024</b>
<b>MAX</b>	<b>6,62</b>	<b>6,62</b>		<b>1,028</b>	<b>1,032</b>

**ANEXO 7: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PROTEINAS TOTALES**

	S.C.	G.L.	C.M.	F	Sig.	Interpr
Efecto de la condición	,024	1	,024	4,642	,045	*
Error	,094	18	,005			
Total	,118	19				

**ANEXO 8: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ALBUMINAS**

	S.C.	G.L.	C.M.	F	Sig.	Interpret
Efecto de la condición	,002	1	,002	1,543	,230	N.S.
Error	,022	18	,001			
Total	,024	19				

**ANEXO 9: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA GLOBULINAS**

	S.C.	G.L.	C.M.	F	Sig.	Interpret
Efecto de la condición	,013	1	,013	1,837	,192	N.S.
Error	,123	18	,007			
Total	,136	19				

**ANEXO 10: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA TRIGLICERIDOS**

	S.C.	G.L.	C.M.	F	Sig.	Interpret
Efecto de la condición	,002	1	,002	2,583	,125	N.S.
Error	,012	18	,001			
Total	,014	19				

**ANEXO 11: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LACTOSA**

	S.C.	G.L.	C.M.	F	Sig.	Interpret
Efecto de la condición	,373	1	,373	,013	,911	N.S.
Error	522,055	18	29,003			
Total	522,427	19				

**ANEXO 12: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA pH**

	S.C.	G.L.	C.M.	F	Sig.	Interpret
Efecto de la condición	,001	1	,001	,151	,702	N.S.
Error	,172	18	,010			
Total	,174	19				

**ANEXO 13: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DENSIDAD**

	S.C.	G.L.	C.M.	F	Sig.	Interpret
Efecto de la condición	,000	1	,000	2,375	,141	N.S.
Error	,000	18	,000			
Total	,000	19				

