



## Efecto de la época del año, edad de la madre y el mes de lactancia sobre la composición química del calostro y leche de la llama (*Lama glama*)

Effect of the time of the year, age of the mother and the month of lactation on the chemical composition of the colostrum and milk of the llama (*Lama glama*)

Rubén Herberht Mamani-Cato<sup>1,\*</sup>; Nicoll Condori-Rojas<sup>1</sup>; Ferdynand Marcos Huacani-Pacori<sup>2</sup>; José Iván Quiñones-García<sup>3</sup>; César Augusto Olaguivel-Flores<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental Agraria Illpa, Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), 21000, Puno. Perú.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano, 21000, Puno. Perú.

<sup>3</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, 21000, Puno. Perú.

<sup>4</sup> Escuela Profesional de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, 05000, Ayacucho. Perú.

ORCID de los autores

R. H. Mamani-Cato: <https://orcid.org/0000-0002-2351-7171>

J. I. Quiñones-García: <https://orcid.org/0000-0002-6606-6788>

N. Condori-Rojas: <https://orcid.org/0000-0001-6872-3158>

C. A. Olaguivel-Flores: <https://orcid.org/0000-0003-0488-757X>

F. M. Huacani-Pacori: <https://orcid.org/0000-0003-2704-3302>

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la época del año, edad de la madre y el mes de lactancia sobre la composición química del calostro y leche de la llama (*Lama glama*), el estudio se realizó en el Centro Experimental Quimsachata del INIA. Fueron analizados 89 muestras de calostro para determinar el contenido de inmunoglobulina G; asimismo, se determinó la composición química de 46 muestras de calostro y 476 muestras de leche. El contenido de IgG, grasa, sólidos no grasos (SNG), proteína, lactosa, densidad, punto de congelación y minerales en el calostro fueron: 37,43mg/mL; 2,78%; 31,42%; 12,07%; 17,68%; 1,13g/cm<sup>3</sup>; -1,05°C y 0,40% respectivamente. Los contenidos de grasa, SNG, proteína, lactosa, densidad, punto de congelación y minerales en la leche fueron: 3,43%; 11,61%; 4,40%; 6,46%; 1,037g/cm<sup>3</sup>; -0,48°C y 0,36% respectivamente. En conclusión, la época del año no influye sobre la composición química de la leche; asimismo, la edad de la madre no influye sobre ninguno de los componentes químicos del calostro, tampoco influye sobre la mayoría de los componentes de la leche excepto sobre los minerales; en tanto que, el mes de lactancia influye sobre la mayoría de los componentes de la leche, excepto sobre la grasa.

**Palabras clave:** calostro; composición de la leche; edad; Inmunoglobulina G; lactación.

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of the time of the year, the age of the mother and the month of lactation on the chemical composition of the colostrum and milk of the llama (*Lama glama*). The study was carried out at the Quimsachata Experimental Center of the INIA. 89 samples of colostrum were analyzed to determine the content of immunoglobulin G; Likewise, the chemical composition of 46 colostrum samples and 476 milk samples was determined. The content of IgG, fat, non-fat solids (NFS), protein, lactose, density, freezing point and minerals in the colostrum were: 37.43mg/mL; 2.78%; 31.42%; 12.07%; 17.68%; 1.13g/cm<sup>3</sup>; -1.05°C and 0.40% respectively. The contents of fat, NFS, protein, lactose, density, freezing point and minerals in the milk were: 3.43%; 11.61%; 4.40%; 6.46%; 1.037g/cm<sup>3</sup>; -0.48°C and 0.36% respectively. In conclusion, the time of year does not influence the chemical composition of milk; likewise, the age of the mother does not influence any of the chemical components of colostrum, nor does it influence most of the components of milk except minerals; meanwhile, the month of lactation influences most of the components of milk, except fat.

**Keywords:** colostrum; milk composition; age; Immunoglobulin G; lactation.

## 1. Introducción

Las Llamas tienen una importancia económica para países emergentes de las zonas alto andinas, donde la mayor población de Llamas se encuentra en países como Bolivia y Perú (Vargas et al., 2021), asimismo se comprende también la tradición histórica y cultural, por ello la importancia de su crianza en estos países y alrededor del mundo (Paredes et al., 2020) donde existe un impacto mundial en la crianza de Llamas siendo aprovechado su piel, fibra y carne (Markemann & Zárate, 2010). Una etapa importante en el manejo de los animales es el periodo de lactación la cual en Llamas se caracteriza por ocurrir por muy corto tiempo siendo alrededor de 3 a 4 semanas su máxima concentración de sus componentes lácteos después de ese periodo comienza a disminuir (Riek & Gerken, 2006) existen factores que influyen sobre su composición siendo importante la zona agroecológica pudiendo alterar las características de la leche de llamas (*Lama glama*) y alpacas (*Vicugna pacos*) (Ormachea et al., 2021), también se tiene en consideración que existe un cambio de los componentes de la leche por efecto del parto donde los metabolitos y electrolitos en sangre sufren un ajuste metabólico alterando su composición al momento del parto y afectando directamente las primeras etapas de la lactación en camélidos (Burton et al., 2003), el calostro es importante en las primeros días de vida de la cría, donde se encuentran componentes importantes, entre ellos las inmunoglobulinas (Coleman et al., 2015), donde se muestran las más altas concentraciones de inmunoglobulina G teniendo una relación inversa con los componentes grasos del calostro y una relación positiva con la concentración de proteínas, siendo este último un predictor de los niveles de inmunoglobulinas, siendo su secreción constante hasta 4 días post parto en camélidos (Möbller et al., 2022) antes del parto los valores de inmunoglobulinas se mantienen constantes entre el suero materno y la glándula mamaria después del parto existe una transición de proteínas donde se da directamente del torrente sanguíneo a la glándula mamaria esto ocurre al igual que otras especies (Bravo et al., 1997), uno de los componentes más importantes son las inmunoglobulinas donde tienen un tiempo de vida media similar a otras especies y depende las concentraciones en la glándula mamaria (Weaver et al., 2000), las concentraciones séricas en la etapa neonatal son importantes porque tiene una relación directa con los primeros días de vida, donde se demostró que

los bajos niveles aumentan la tasa de mortalidad en crías (Tibary et al., 2013).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la época del año, edad de la madre y el mes de lactancia sobre la composición química del calostro y leche de la llama (*Lama glama*).

## 2. Material y métodos

### Lugar de estudio

Este estudio se realizó en el Centro Experimental Quimsachata el cual pertenece al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicado en el Distrito de Santa Lucía, Provincia de Lampa, Departamento de Puno, a 15°44'44,22" latitud Sur y 70°40'39" longitud Oeste. Este centro cuenta con una extensión de 6281,5 ha a una altitud de 4190 m s. n. m. en la zona agroecológica de puna seca; durante el año, esta zona presenta una estación seca (mayo - octubre) y lluviosa (noviembre - abril), en la época de lluvias la precipitación total varía de 49,65 a 162,93 mm y en la época seca de 1,60 a 45,60 mm (Huerta & Lavado, 2020).

### Determinación de inmunoglobulina G en el calostro

Para la determinación de IgG se tomaron 89 muestras de calostro de llamas distribuidos en tres edades (jóvenes de 3 a 4 años n = 17, adultas de 5 a 7 años n = 41 y viejas mayores o iguales a 8 años n = 31); la toma de calostro se realizó dentro de las primeras 24 horas post-parto, debido a que el tiempo de muestreo óptimo para el estado de transferencia pasiva es entre 1 y 2 días, por cada llama se tomó una muestra de 30 mL de calostro el cual fue obtenido mediante ordeño manual. Todas las madres gozaban de buena salud y de un estado nutricional adecuado. Las muestras una vez obtenidas fueron mantenidas a -20 °C hasta su utilización y fueron analizadas en el laboratorio de la Unidad de Biotecnología Molecular de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú. Las muestras de calostro fueron alicuotadas y centrifugadas a 20,000 g por 30 minutos repitiéndose el procedimiento dos veces más. Luego de cada centrifugación se extrajo la fracción lipídica obtenida como una suspensión blanquecina en la parte superior la cual fue descartada. La determinación se realizó mediante la técnica ELISA (ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas) indirecto. Se construyó una curva estándar (concentración IgG vs. Absorbancia) a partir de diferentes concentraciones de IgG de llama purificada (Tillib

et al., 2014). Las muestras de calostro fueron diluidas 1/100 000 en buffer fosfato salino (PBS 1X). Las muestras fueron incubadas en pocillos de poliestireno por dos horas a 37 °C. Seguidamente, se procedió a lavar 5 veces con PBS/Tween 0,05%. Luego, se agregó buffer de bloqueo (BSA al 3% en PBS 1X) a cada pocillo y se incubaron por 1 hora a 37 °C.

Al finalizar el bloqueo se repitió el paso del lavado y se colocó conjugado anti IgG de llama (Bethyl Laboratories, Inc) a todos los pocillos, los cuales fueron incubados por 1 hora a 37 °C. Después de la incubación con conjugado se realizó el último paso de lavado continuando con agregar sustrato para peroxidasa a todos los pocillos.

Finalmente, la reacción enzimática fue detenida agregando 50 uL de ácido sulfúrico 2 M y, luego, se registró la absorbancia a 450 nM. La absorbancia de las muestras fue calculada como concentración a partir de la curva estándar que se corrió para cada determinación y los valores fueron corregidos por el factor de dilución de la muestra.

#### Determinación de la composición química del calostro

Para la determinación de la composición química del calostro se tomaron 46 muestras de calostro de llamas distribuidos en tres edades (jóvenes de 3 a 4 años  $n = 11$ , adultas de 5 a 7 años  $n = 14$  y viejas mayores o iguales a 8 años  $n = 21$ ); las muestras de calostro fueron obtenidas dentro de las primeras 24 horas post-parto, por cada llama se tomó una muestra de 30 mL de calostro el cual fue obtenido mediante ordeño manual. Todas las madres gozaban de buena salud y de un estado nutricional adecuado. Las muestras fueron analizadas mediante un analizador automático Lactostar Funke Gerber.

#### Determinación de la composición química de la leche

Para la determinación de la composición química de la leche, se tomaron 476 muestras de leche al azar desde el primero hasta el octavo mes de lactancia que coincide con el destete de las llamas en condiciones de puna seca (Mamani-Cato et al., 2021); la obtención de la muestra de leche se realizó en horas de la mañana (5:30 a.m. a 6:00 a.m.), por cada llama se tomó una muestra de 30 mL de leche el cual fue obtenido mediante ordeño manual. Las muestras fueron analizadas mediante un analizador automático Lactostar Funke Gerber.

#### Análisis estadístico

Para evaluar la concentración de inmunoglobulina G y la composición química del calostro de llama los datos fueron analizados en un diseño completamente al azar, cuyo modelo aditivo lineal es de la siguiente manera:

$$y_{ij} = \mu + E_i + e_{ij}$$

Donde:

$y_{ij}$  = variable respuesta (concentración de IgG, grasa, sólidos no grasos, proteína, lactosa, densidad, punto de congelación y minerales).

$\mu$  = media general.

$E_i$  = factor edad de la llama (joven, adulta y vieja).

$e_{ij}$  = error residual.

Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey-Kramer.

Para evaluar la composición química de la leche de llama se analizó en un modelo mixto cuya notación matemática es de la siguiente manera:

$$y = X\beta + Zy + \varepsilon$$

Donde:

$y$  = variable respuesta (grasa, sólidos no grasos, proteína, lactosa, densidad, punto de congelación y minerales).

$X$  = matriz de efectos fijos (época del año, edad de la madre, mes de lactancia, época del año  $\times$  edad de la madre y época del año  $\times$  mes de lactancia).

$Z$  = matriz de efectos aleatorios (animal).

$\beta$  = vector de efectos fijos.

$y$  = vector de efectos aleatorios.

$\varepsilon$  = error residual.

Para la prueba de comparación múltiple se utilizó la prueba de Tukey-Kramer.

Las correlaciones entre los componentes del calostro y leche se obtuvieron por el método de correlación de Pearson.

Los datos fueron analizados con el programa estadístico SAS (sistema de análisis estadístico) versión 9,4 (SAS, 2012) utilizando los procedimientos GLM, MIXED y CORR. Las figuras fueron obtenidas con el programa RStudio (2022).

### 3. Resultados y discusión

La concentración de IgG en calostro de Llamas fue de 37,43 mg/mL. Por otro lado, la edad de la llama no tiene influencia significativa sobre la concentración de Inmunoglobulina G en calostro ( $p \geq 0,05$ ), estos datos son similares a los hallados por Caggiano et al., (2014) donde encontró 42,54 mg/mL de inmunoglobulinas en calostro de llamas, siendo similares a otras especies principalmente con similar tipo de placentación, así mismo Riek & Gerken (2006) demostraron que

el calostro tiene una alta concentración de proteínas que el resto de constituyentes, siendo las inmunoglobulinas las de mayor concentración y disminuye después del nacimiento (Coleman et al., 2015), la placenta en los camélidos es de epitelio difuso coreal; por lo tanto, no hay transferencia activa de IgG de la madre preñada al feto siendo la IgG transmitida en forma pasiva (Bravo et al., 1997) el contenido de IgG disminuye después de las primeras 24 h después del parto, siguiendo la misma progresión como en otras especies animales (Möbller et al., 2022); valores superiores de IgG en calostro de llama fueron reportados por Auad et al. (2020) cuyo valor fue de 232,55 mg/mL los cuales determinaron utilizando la técnica de inmunodifusión radial; por otra parte en la Tabla 1 se observa, que el contenido de grasa, sólidos no grasos (SNG), proteína, lactosa, densidad, punto de congelación y minerales en el calostro fueron: 2,78%; 31,42%; 12,07%; 17,68%; 1,13g/cm<sup>3</sup>; -1,05°C y 0,40% respectivamente. La edad de la madre no influye sobre el contenido de grasa, sólidos no grasos, proteína, lactosa, densidad, punto de congelación y minerales ( $p \geq 0,05$ ), asimismo, los resultados coinciden con los valores hallados según Morin et al. (1995), existen variaciones afectadas principalmente por el tipo de alimentación y zona agroecológica (Ormachea et al., 2021) asimismo, las concentraciones de los constituyentes de la leche en torno a la cuarta semana representan la etapa de concentración máxima (Cooper et al., 2014) las principales variaciones halladas en la composición de la leche del calostro de la glándula mamaria, por la concentración de grasa la cual es menor en los primeros días post parto luego incrementándose progresivamente (Riek & Gerken, 2006).

En la Figura 1 se muestran las correlaciones de Pearson entre los componentes químicos del calostro de llama, las correlaciones más altas se

observan entre proteína con: sólidos no grasos, lactosa, densidad y punto de congelación; sólidos no grasos con: lactosa, densidad y punto de congelación; lactosa con: densidad y punto de congelación; densidad con punto de congelación; las correlaciones moderadas fueron entre proteína con: IgG, grasa y minerales, sin embargo Möbller et al. (2022) menciona una correlación baja pero positiva entre proteína con IgG ( $r = 0,91$ ,  $p \leq 0,001$ ) cabe aclarar que ellos determinaron el contenido de proteína por el método Kjehldahl; sólidos no grasos con: IgG, grasa y minerales; lactosa con: IgG y grasa, (Möbller et al., 2022) contrariamente indica una correlación moderada pero negativa entre IgG con lactosa ( $r = -0,64$ ;  $p < 0,001$ ) pero ellos analizaron el contenido de lactosa por el método UV-lactosa/D-galactosa; densidad con: IgG, grasa y minerales; IgG con punto de congelación; y minerales con punto de congelación. Las correlaciones bajas fueron entre IgG con: grasa y minerales; y grasa con minerales; sin embargo, Möbller et al., (2022) reporta una correlación moderada y negativa entre IgG con grasa ( $r = -0,69$ ;  $p < 0,001$ ); sin embargo, ellos analizaron la concentración de IgG por inmunodifusión radial y el porcentaje de grasa por el método gravimétrico. Para nuestro conocimiento, las correlaciones entre otros componentes del calostro de llama no han sido reportado en camélidos sudamericanos.

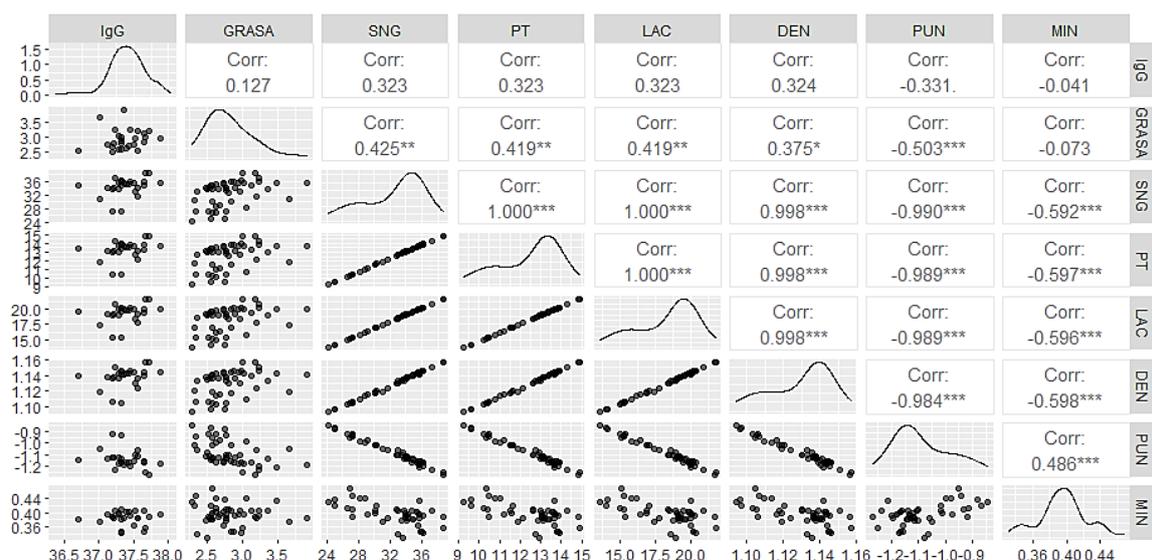
En la Tabla 2 se muestran los cambios de las concentraciones de la composición química de la leche de llama. El contenido de grasa, SNG, proteína, lactosa, densidad, punto de congelación y minerales de la leche fueron: 3,43%; 11,61%; 4,40%; 6,46%; 1,037g/cm<sup>3</sup>; -0,48 °C y 0,36% respectivamente, estos valores son similares a los reportados por (Riek & Gerken, 2006; Schoos et al., 2008; Ormachea et al., 2021; Morin et al., 1995).

**Tabla 1**

Media de mínimos cuadrados  $\pm$  error estándar de la concentración de Inmunoglobulina G y composición química del calostro de la llama de acuerdo a la edad de la madre

Variable	Joven	Adulta	Vieja	Total	Valor-p
Inmunoglobulina G, mg/mL	37,71 $\pm$ 0,77 <sup>a</sup>	37,54 $\pm$ 0,50 <sup>a</sup>	37,03 $\pm$ 0,57 <sup>a</sup>	37,43	0,7221
Grasa, %	2,39 $\pm$ 0,64 <sup>a</sup>	2,68 $\pm$ 0,57 <sup>a</sup>	3,27 $\pm$ 0,46 <sup>a</sup>	2,78	0,4955
Sólidos no grasos, %	25,38 $\pm$ 3,27 <sup>a</sup>	35,15 $\pm$ 2,90 <sup>a</sup>	33,72 $\pm$ 2,36 <sup>a</sup>	31,42	0,0656
Proteína, %	9,74 $\pm$ 1,26 <sup>a</sup>	13,52 $\pm$ 1,12 <sup>a</sup>	12,96 $\pm$ 0,91 <sup>a</sup>	12,07	0,0665
Lactosa, %	14,28 $\pm$ 1,84 <sup>a</sup>	19,79 $\pm$ 1,63 <sup>a</sup>	18,96 $\pm$ 1,33 <sup>a</sup>	17,68	0,0668
Densidad, g/cm <sup>3</sup>	1,098 $\pm$ 0,014 <sup>a</sup>	1,142 $\pm$ 0,013 <sup>a</sup>	1,135 $\pm$ 0,010 <sup>a</sup>	1,13	0,0649
Punto de congelación, °C	-0,88 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>	-1,16 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	-1,12 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	-1,05	0,0634
Minerales, %	0,45 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	0,39 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	0,37 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	0,40	0,3444

<sup>a</sup> superíndices similares en la misma fila no indican diferencia significativa ( $p \geq 0,05$ ), prueba de Tukey-Kramer.



**Figura 1.** Matriz de correlación de Pearson entre componentes químicos del calostro de llama. IgG: inmunoglobulina G; GRASA: grasa; SNG: sólidos no grasos; PT: proteína; LAC: lactosa; DEN: densidad; PUN: punto de congelación y MIN: minerales; \*, (p < 0,05); \*\*, (p < 0,01); \*\*\*, (p < 0,001).

**Tabla 2**

Media de mínimos cuadrados  $\pm$  error estándar de la composición química de la leche de Llama, según época, edad y mes de lactancia

Efecto	Grasa %	Sólidos no grasos %	Proteína %	Lactosa %	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Punto de congelación, °C	Minerales %
<b>Época del año</b>							
Lluvia	3,76 $\pm$ 0,38 <sup>a</sup>	11,75 $\pm$ 0,64 <sup>a</sup>	4,45 $\pm$ 0,24 <sup>a</sup>	6,52 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>	1,0374 $\pm$ 0,0022 <sup>a</sup>	-0,47 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	0,31 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>
Seca	3,10 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>	11,48 $\pm$ 0,49 <sup>a</sup>	4,35 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	6,40 $\pm$ 0,27 <sup>a</sup>	1,0371 $\pm$ 0,0016 <sup>a</sup>	-0,48 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,40 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>
<b>Edad de la madre</b>							
Joven	3,79 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>	11,41 $\pm$ 0,51 <sup>a</sup>	4,31 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	6,34 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>	1,0360 $\pm$ 0,0017 <sup>a</sup>	-0,49 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,41 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>
Adulta	3,25 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	11,96 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	4,53 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	6,65 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	1,0387 $\pm$ 0,0012 <sup>a</sup>	-0,48 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,35 $\pm$ 0,03 <sup>ab</sup>
Vieja	3,25 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>	11,49 $\pm$ 0,46 <sup>a</sup>	4,36 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	6,38 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>	1,0369 $\pm$ 0,0015 <sup>a</sup>	-0,45 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,30 $\pm$ 0,03 <sup>b</sup>
<b>Mes de lactancia</b>							
Primero	3,42 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	13,73 $\pm$ 0,64 <sup>a</sup>	5,23 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>	7,70 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	1,0455 $\pm$ 0,0022 <sup>a</sup>	-0,52 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>	0,31 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>
Segundo	3,59 $\pm$ 0,37 <sup>a</sup>	13,55 $\pm$ 0,67 <sup>a</sup>	5,15 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>	7,56 $\pm$ 0,37 <sup>a</sup>	1,0450 $\pm$ 0,0023 <sup>a</sup>	-0,52 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>	0,33 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>
Tercero	4,30 $\pm$ 0,32 <sup>a</sup>	13,32 $\pm$ 0,61 <sup>a</sup>	5,05 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	7,42 $\pm$ 0,34 <sup>a</sup>	1,0428 $\pm$ 0,0021 <sup>a</sup>	-0,53 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>	0,35 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>
Cuarto	3,20 $\pm$ 0,40 <sup>a</sup>	11,26 $\pm$ 0,68 <sup>ab</sup>	4,27 $\pm$ 0,26 <sup>ab</sup>	6,28 $\pm$ 0,38 <sup>ab</sup>	1,0361 $\pm$ 0,0023 <sup>ab</sup>	-0,46 $\pm$ 0,02 <sup>ab</sup>	0,35 $\pm$ 0,05 <sup>ab</sup>
Quinto	3,13 $\pm$ 0,40 <sup>a</sup>	10,37 $\pm$ 0,67 <sup>b</sup>	3,92 $\pm$ 0,26 <sup>b</sup>	5,76 $\pm$ 0,37 <sup>b</sup>	1,0325 $\pm$ 0,0023 <sup>b</sup>	-0,44 $\pm$ 0,02 <sup>ab</sup>	0,35 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>
Sexto	3,09 $\pm$ 0,37 <sup>a</sup>	10,13 $\pm$ 0,63 <sup>b</sup>	3,83 $\pm$ 0,24 <sup>b</sup>	5,60 $\pm$ 0,35 <sup>b</sup>	1,0317 $\pm$ 0,0021 <sup>b</sup>	-0,42 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	0,31 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>
Séptimo	3,09 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	10,45 $\pm$ 0,61 <sup>b</sup>	3,94 $\pm$ 0,23 <sup>b</sup>	5,77 $\pm$ 0,34 <sup>b</sup>	1,0330 $\pm$ 0,0021 <sup>b</sup>	-0,44 $\pm$ 0,02 <sup>ab</sup>	0,35 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>
Octavo	3,62 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	10,14 $\pm$ 0,60 <sup>b</sup>	3,80 $\pm$ 0,23 <sup>b</sup>	5,58 $\pm$ 0,33 <sup>b</sup>	1,0311 $\pm$ 0,0020 <sup>b</sup>	-0,48 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>	0,49 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>
<b>Total</b>	<b>3,43</b>	<b>11,61</b>	<b>4,40</b>	<b>6,46</b>	<b>1,037</b>	<b>-0,48</b>	<b>0,36</b>

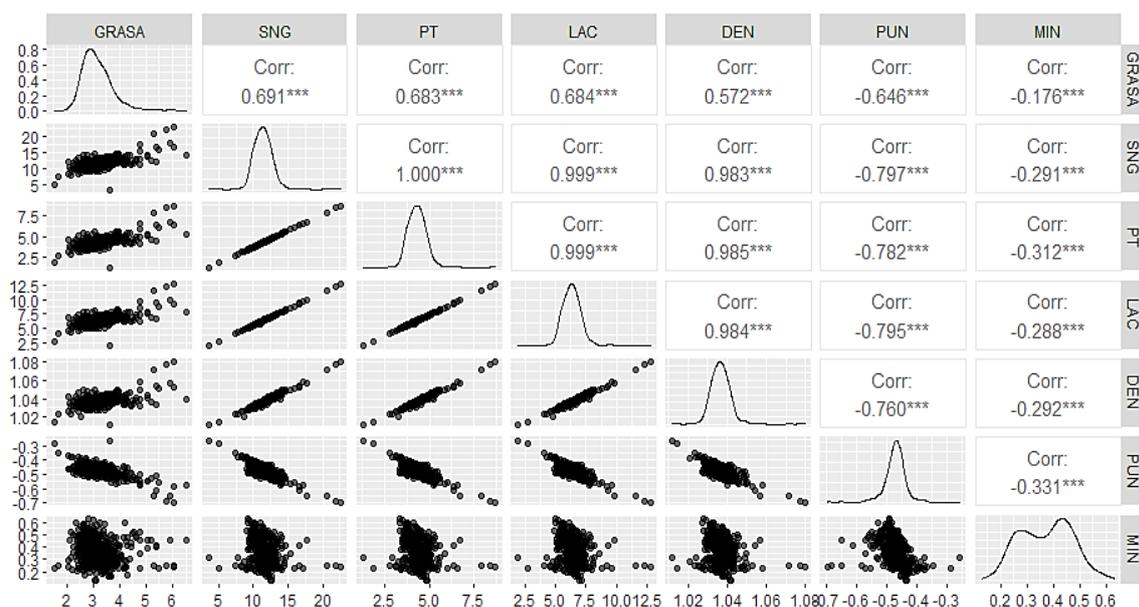
<sup>a,b</sup> superíndices diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (p < 0,05), prueba de Tukey-Kramer.

Cabe mencionar que, en los estudios anteriores, la metodología para analizar las muestras fue diferente, así como también fueron diferentes otras condiciones ambientales. La época del año no influye sobre la composición química de la leche (p  $\geq$  0,05); la edad de la madre influye sobre la concentración de minerales de la leche (p < 0,05) pero no influye sobre los otros componentes de la leche (p  $\geq$  0,05); el mes de lactancia influye sobre la composición de SNG, proteína, lactosa, densidad, punto de congelación y minerales de la leche (p < 0,05) pero no influye sobre la

composición de la grasa (p  $\geq$  0,05) sin embargo, Riek & Gerken (2006) muestran una tendencia a incrementar el porcentaje de grasa en las sucesivas semanas de lactancia; Riek & Gerken (2006) también muestran que el porcentaje de proteína disminuye significativamente hasta la cuarta semana y luego desde la quinta semana se incrementa sucesivamente, situación que en nuestros resultados se observa una tendencia a disminuir en los sucesivos meses de lactancia; en cuanto al porcentaje de lactosa Riek & Gerken (2006) muestran una tendencia a incrementar

hasta la quinta semana y a partir de la sexta semana empieza a disminuir sucesivamente, en este estudio la lactosa tiende a disminuir sucesivamente hasta el octavo mes de lactancia. En cuanto a las interacciones entre época del año  $\times$  edad de la madre y edad de la madre  $\times$  mes de lactancia no fueron significativas ( $p \geq 0,05$ ) para ninguna de las variables analizadas de la leche. En la Figura 2 se observan las correlaciones entre los componentes químicos de la leche de llama. Las correlaciones más altas se observan entre proteína con: sólidos no grasos, lactosa, densidad

y punto de congelación; sólidos no grasos con: lactosa, densidad y punto de congelación; lactosa con: densidad y punto de congelación. Las correlaciones moderadas se observan entre punto de congelación con: minerales y grasa; minerales con proteína; densidad con grasa; grasa con: lactosa, sólidos no grasos y proteína, contrario a nuestro resultado Morin et al. (1995) reporta una correlación negativa entre grasa con lactosa ( $r = -0,47$ ;  $p < 0,05$ ). Las correlaciones más bajas se observan entre minerales con: densidad, lactosa, sólidos no grasos y grasa.



**Figura 2.** Matriz de correlación de Pearson entre componentes químicos de la leche de llama. GRASA: grasa; SNG: sólidos no grasos; PT: proteína; LAC: lactosa; DEN: densidad; PUN: punto de congelación y MIN: minerales; \* ( $p < 0,05$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ); \*\*\* ( $p < 0,001$ ).

#### 4. Conclusiones

La época del año es un factor que no influye sobre la composición química de la leche; asimismo, la edad de la madre no influye sobre ninguno de los componentes químicos del calostro, tampoco influye sobre la mayoría de los componentes de la leche excepto sobre los minerales; en tanto que, el mes de lactancia influye sobre la mayoría de los componentes de la leche, excepto sobre la grasa.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Programa Nacional de Innovación Agraria del Instituto Nacional de Innovación Agraria a través del proyecto "Formación de un centro de producción de reproductores Llamas para contribuir a la seguridad alimentaria" con código 067\_PI. Al Dr. Teodosio Huanca Mamani por su asesoramiento técnico, asimismo, a los investigadores del Centro Experimental Quimsachata, entre otros.

#### Referencias bibliográficas

- Auad, J., Cerutti, J., Cooper, L. G., Aguilar, M. S., & Lozano, A. (2020). Dinámica de la transferencia de inmunoglobulina G en el binomio madre-cría de llamas (*Lama glama*). *Revista Veterinaria*, 31(1), 78-81.
- Bravo, P. W., Garnica, J., & Fowler, M. E. (1997). Immunoglobulin G concentrations in periparturient llamas, alpacas and their crias. *Small Ruminant Research*, 26(1-2), 145-149.
- Burton, S., Robinson, T. F., Roeder, B. L., Johnston, N. P., Latorre, E. V., Reyes, S. B., & Schaaile, B. (2003). Body condition and blood metabolite characterization of alpaca (*Lama pacos*) three months prepartum and offspring three months postpartum. *Small Ruminant Research*, 48(2), 69-76.
- Caggiano, N., Saccodossi, N., Gentile, T., Chiappe Barbará, M. A., Leoni, J., & De Simone, E. (2014). Caracterización de IgM, IgG Total, IgG1 y anticuerpos de cadena pesada en calostro de llamas ("*Lama glama*") mediante Elisa. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 8(2), 29-40.
- Coleman, L., Hickson, R., Amore, J., Laven, R., & Back, P. (2015). Colostral immunoglobulin G as a predictor for serum immunoglobulin G concentration in dairy calves. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 75(January), 3-8. [http://www.nzsap.org/system/files/proceedings/Coleman et al. Colostrum IgG in dairy cows and calves.pdf](http://www.nzsap.org/system/files/proceedings/Coleman%20et%20al.%20Colostrum%20IgG%20in%20dairy%20cows%20and%20calves.pdf)
- Cooper, L. G., Auad, J., Cerutti, J., Lozano, A., & Aguilar Sola, M. S. (2014). Dinámica de la transferencia de inmunoglobulina G en

- el binomio madre-cría de la especie caprina. *Revista Veterinaria*, 25(2), 105-108.
- Huerta, A., & Lavado-Casimiro, W. (2020). Trends and variability of precipitation extremes in the Peruvian Altiplano (1971–2013). *International Journal of Climatology* 41(1), 1-16.
- Mamani-Cato, R. H., Gonzáles, M. L., Condori-Rojas, N., Huacani-Pacori, F. M. & Checalla, V. M. (2021). Parámetros productivos en camélidos sudamericanos. *Manglar*, 18(4), 403-409.
- Markemann, A., & Zárate, A. V. (2010). Traditional llama husbandry and breeding management in the Ayopaya region, Bolivia. *Tropical Animal Health and Production*, 42(1), 79–87.
- Morin, D. E., Rowan, L. L., Hurley, W. L., & Braselton, W. E. (1995). Composition of Milk from Llamas in the United States. *Journal of Dairy Science*, 78(8), 1713–1720.
- Möbller, M., Rychli, K., Reichmann, V. M., Albert, T., & Wittek, T. (2022). Immunoglobulin G Concentrations in Alpaca Colostrum during the First Four Days after Parturition. *Animals*, 12(2), 1–8.
- Ormachea, O. V., Uberto Olarte, D., Victor Zanabria, H., Maximo Melo, A., & Yecenia Masias, G. (2021). Milk composition in Huacaya alpaca (*Vicugna pacos*) and llama (*Lama glama*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(1), 1–7.
- Paredes, G. F., Yalta-Macedo, C. E., Gutierrez, G. A., & Veli-Rivera, E. A. (2020). Genetic diversity and population structure of llamas (*Lama glama*) from the camelid germplasm bank-Quimsachata. *Genes*, 11(5).
- Riek, A., & Gerken, M. (2006). Changes in Llama (*Lama glama*) milk composition during lactation. *Journal of Dairy Science*, 89(9), 3484–3493.
- RStudio Team (2022). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- SAS. (2012). SAS/STAT Software (Version 9.4). Cary, NC SAS, USA: Institute INC.
- Schoos, V., Medina, M., Saad, S. & Van Nieuwenhove C.P. (2008). Chemical and microbiological characteristics of Llama's (*Lama glama*) milk from Argentina. *Milchwissenschaft* 63(4), 398-401.
- Tibary, A., Johnson, L. W., Pearson, L. K., & Rodriguez, J. S. (2013). Lactation and Neonatal Care. *Llama and Alpaca Care: Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition, and Herd Health: First Edition, January*, 286–297.
- Tilib, S. V., Vyatchanin, A. S., & Muyldermans, S. (2014). Molecular analysis of heavy chain-only antibodies of Camelus bactrianus. *Biochemistry. Biokhimiia*, 79(12), 1382–1390.
- Vargas, A. R. R., Reynoso, G. A. G., & Wurzinger, M. (2021). Characterization of llama rearing in the Pasco region, Peru. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(3), 1–15.
- Weaver, D. M., Tyler, J. W., Scott, M. A., Wallace, L. M., Marion, R. S., & Holle, J. M. (2000). Passive transfer of colostral immunoglobulin G in neonatal llamas and alpacas. *American Journal of Veterinary Research*, 61(7), 738–741.

Applied Sci  
Agroind Sci

