

## Heredabilidades, correlaciones fenotípicas, correlaciones genéticas y repetibilidades de variables productivas en llamas argentinas

E. N. Frank<sup>1</sup>, M. V. H. Hick, M. G. Molina<sup>2</sup> y L. M. Caruso.

<sup>1</sup>Programa SUPPRAD. Facultad de Ciencias Agropecuarias.  
Universidad Católica de Córdoba, Argentina  
Recibido Julio 25, 2008. Aceptado Marzo 09, 2009.

---

## Heritabilities, phenotypic correlations, genetic correlations and repeatability of production variables in Argentine llamas

**ABSTRACT.** The objectives of this work were to determine heritabilities, phenotypic, and genetic correlations between production traits and to report means and standard deviations. The data comprised 2820 records, from 450 founding females and 45 founding males involving 816 measured animals. The llamas came from three different localities and the variables studied were: fleece weight (annual shearing), fleece strip weight (fleece weight predictor), staple length, mean fibre diameter, fibre diameter coefficient of variation, total medulation grade and thoracic circumference as an animal size measure. Genetic (co)variances, heritabilities and genetic and phenotypic correlations were obtained through a multivariate animal model with repeatabilities, using VCE4 (Variance Components Estimation) software. Fixed effects of the mixed model included: year of production, year of sampling (repeated), animal age at sampling, flock, coat color and type of fleece. The heritabilities and correlations obtained were generally lower than other estimates made out of the altiplano areas, but in concordance with values from the altiplano areas. It was concluded that important selection responses can be expected if these traits are used as selection criteria. The fact that the fleece strip weight can be used to predict fleece weight is an important finding, given the high genetic and phenotypic correlations between these two variables. The correlations between fleece weight, mean fibre diameter and body size were unfavorable.

**Key words:** Fleece, Genetic parameters, Lamas, Production variables

---

**RESUMEN.** El objetivo de ese trabajo fue determinar heredabilidades, correlaciones fenotípicas y genéticas entre los caracteres e informar medias y desviaciones típicas de las variables productivas. Un total de 2 850 registros, pertenecientes a 450 hembras fundadoras y 45 machos fundadores totalizaron 816 animales medidos. Las llamas pertenecían a tres localidades distintas y las variables fueron: peso de vellón (esquila anual), peso de parche (para predecir peso de vellón), largo de mecha, diámetro medio de fibra, coeficiente de variación de diámetro, grado de medulación total y perímetro torácico como medida del tamaño del animal. Las (co)varianzas genéticas, heredabilidades y correlaciones genéticas y fenotípicas se obtuvieron a través de un modelo animal multicaracter con repetibilidad, usando el programa VCE4 que estima componentes de varianzas REML. El modelo base para describir cada dato incluyó año de producción, año de obtención de las muestras (repetidas), edad del animal al momento del muestreo, plantel al que pertenecía, color de la capa y tipo de vellón. Las heredabilidades y correlaciones en general resultaron más bajas que otras estimadas fuera del altiplano y en concordancia con los datos provenientes del altiplano. Se concluye que pueden esperarse respuestas importantes a la selección si se eligen estas variables como criterios de selección. Resulta particularmente importante el uso de la variable peso de parche para determinar peso de vellón por sus correlaciones genética y fenotípica altas con éste. Las correlaciones entre peso de vellón, diámetro medio y tamaño corporal resultan desfavorables.

**Palabras clave:** Llamas, Parámetros genéticos, Variables productivas, Vellón

---

<sup>1</sup>Autor para la correspondencia, e-mail: frank@uccor.edu.ar

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

## Introducción

La producción de Camélidos Sudamericanos domésticos (CSD) en Argentina se sitúa principalmente en el área altiplánica de las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca (Frank, 1997; Nuevo Freire, 1997). En menor medida y en estos últimos años, se han iniciado proyectos de cría en las provincias centrales y patagónicas (Frank y Whebe 1993; Whebe, 1994; Frank, 1997). Si bien se han privilegiado estrategias de mejoramiento productivo que toman en consideración solo el manejo de factores ambientales, se puede inferir que el mejoramiento genético tiene un importante rol que cumplir dentro de esas estrategias (Frank, 1997).

La formulación actual de objetivos de selección para llamas argentinas requiere de la solución de varios problemas. Primero, no está claro el énfasis a poner sobre producción de carne o producción de fibra, dadas las circunstancias productivas y las tendencias del mercado poco claras para ambos productos. Segundo, dichos objetivos serán, hasta un cierto punto, conflictivos debido la correlación desfavorable entre los caracteres más importantes que determinan el valor de la fibra, cantidad y calidad (diámetro), además de la supuesta correlación negativa entre desarrollo corporal y producción y calidad de fibra (Adams y Cronjè, 2003). Tercero, la carencia de parámetros usables para derivar índices destinados a diseñar programas de mejoramiento.

Escasos datos de parámetros genéticos se poseen sobre llamas argentinas y menos aún en condiciones de producción extraltiplánica. Además, está implícita la importancia de obtener parámetros genéticos para una población dada y sobre todo en un ambiente determinado. En un trabajo preliminar se obtuvieron datos de heredabilidad, correlaciones

fenotípicas y genéticas de magnitud mediana a baja (Frank *et al.*, 2005; 2006). Sin embargo se poseen parámetros genéticos de otros orígenes, tanto en llamas (Choque y Rodríguez, 1988; Wurzinger, *et al.* 2006), como en alpacas (Velasco, 1980; Roque *et al.*, 1985; Ponzoni *et al.*, 1999; Wuliji *et al.*, 2000). Todos los parámetros estimados hasta la fecha fueron compilados por Frank *et al.* (2006).

Por otra parte, para elegir criterios de selección, la mayor dificultad surge de las condiciones de producción actuales, con esquilas irregulares, carencia de instalaciones adecuadas para tomar registros seguros y falta de estímulos concretos al productor para asumir compromisos a largo plazo. Dentro de las mayores dificultades para capturar registros está el problema de obtener el peso de vellón y alguna información sobre el desarrollo y/o tamaño corporal. El uso de un parche extraído del flanco puede inferir con alta precisión el peso del vellón en cabras de Cachemira (Couchman y McGregor, 1983) y esta ecuación ha sido corregida ventajosamente con el peso corporal para estimar la producción anual en Cachemira (Bishop, 1994). Pruebas preliminares en llamas y ovinos brindan resultados similares (datos no publicados). El uso del perímetro torácico como predictor del tamaño corporal (Kiesling, 1996) y de la condición corporal como indicador de estado fisiológico han sido demostrados ampliamente (Gauna *et al.*, 2001).

El objetivo de este trabajo fue determinar heredabilidades, correlaciones fenotípicas y genéticas entre los caracteres e informar medias y desviaciones típicas de las variables más importantes, desde el punto de vista productivo del vellón y medibles en las actuales condiciones en llamas argentinas en áreas fuera del altiplano (puna).

## Materiales y Métodos

Se trabajó con un total de 2 850 registros, pertenecientes a 450 hembras fundadoras y 45 machos fundadores que totalizan 816 animales medidos; lo cual hace un promedio de 3.5 repeticiones de la misma medida por animal. Los animales provenían de tres localidades diferentes del área semiárida de la llanura central de Argentina. Las variables fueron peso de vellón (esquila anual) (PESOV), peso de parche (para predecir peso de vellón) (PESOST), largo de mecha (LM), diámetro medio de fibra (DMFT), coeficiente de variación de diámetro (CVDMFT), grado de medulación total

(frecuencia total de fibras meduladas) (GMT) y perímetro torácico (PERIM) como medida del tamaño del animal.

Antes de la esquila anual a cada animal se le extrajo un parche de fibra a la altura de la última costilla (a mitad de camino entre línea media dorsal y la línea que une el codillo con la paleta) con una tijera de esquila mecánica, midiéndose el largo del parche para calcular la superficie de piel afectada. Simultáneamente, se le tomaba el perímetro torácico con una cinta métrica flexible, pasando exactamente por detrás de ambas paletas. Luego durante la

esquila a cada animal se le determinó peso de vellón total en una balanza con una precisión de 50 g.

En el Laboratorio de Fibras Animales de la Universidad Católica de Córdoba cada muestra fue pesada (ajustada a un parche de 10 x 10 cm) y se determinó mediante regla milimétrica el largo de mecha y mediante microproyector (lanámetro), el diámetro medio total (todas las fibras) y la medulación sobre 450 fibras medidas. Las variables procesadas se evaluaron mediante ANOVA para obtener efectos fijos significativos (interacciones de primer grado) y luego poder obtener correlaciones fenotípicas con los residuales. Dada las discrepancias con una adecuada distribución normal de las

variables DMFT, CVDFT y GMT, las mismas se transformaron mediante raíz cuadrada. Las (co)varianzas genéticas, heredabilidades y correlaciones genéticas se obtuvieron a través de un modelo animal multicaracter con repetibilidad, usando el programa VCE4 que estima componentes de varianzas REML con errores estándar aproximados. El modelo base para describir cada dato incluyó año de producción, año de obtención de las muestras (repetidas), edad del animal al momento del muestreo, plantel al que pertenecía (3), color de la capa (8) y tipo de vellón (5). Además, se consideraron en cada carácter las interacciones de primer grado significativas ( $P < 0.05$ ) en el ANOVA.

## Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se informan las variables poblacionales relacionadas a la producción de fibra y su relación con el tamaño del animal expresado como perímetro torácico.

Los datos poblacionales concuerdan en general con trabajos anteriores realizados con animales en el Altiplano de la provincia de Jujuy de donde vienen en general los antepasados de los animales aquí estudiados (Frank *et al.*, 2006). Sólo el diámetro de la fibra expresa un valor ligeramente mayor debido posiblemente a que una de las tropas estudiadas estaba ubicada en un área con mejor calidad de pasto que las otras dos, que presentan condiciones muy parecidas al altiplano. Aun así, concuerdan con trabajos anteriores realizados con animales de la puna catamarqueña (Frank y Nuevo Freire, 1985). El perímetro torácico promedio se ajusta con un 95% de precisión a un peso corporal promedio de 85 kg. El ajuste de los modelos utilizados en cada variable fue de bajo (CVDMFT), regular (LM, GMT, PESOV), a bueno (PERIM, DMFT).

La Tabla 2 presenta los datos de los parámetros genéticos estimados en este trabajo. En general los valores de las heredabilidades son más bajas que los

de trabajos publicados en otros países en áreas fuera del Altiplano (Ponzoni *et al.*, 1999; Wuliji *et al.* 2000), pero similares a los trabajos del altiplano (Frank, *et al.* 2006; Choque y Rodríguez, 1988; Wurzinger *et al.* 2006; Velasco, 1980; Roque *et al.*, 1985; Ruiz de Castilla *et al.*, 1992), independientemente que se refieran a llamas o a alpacas. Se puede destacar la baja heredabilidad del largo de mecha, más bajo que el promedio de 0.31 de diversos trabajos (León-Velarde y Guerrero (2001). Dada la escasa significancia de esta variable en la producción y calidad de la fibra este dato no reviste mayor importancia. La heredabilidad de DMFT obtenido en este trabajo (0.22) resulta más alta que el promedio de varios trabajos en llamas y alpacas (0.18) (León-Velarde y Guerrero, 2001), aunque un poco más bajo que el obtenido en otro trabajo preliminar con animales del mismo origen (0.33) (Frank *et al.*, 2005). Existen datos mucho más altos en países extra continentales (Ponzoni *et al.*, 1999; Wuliji *et al.*, 2000).

Las correlaciones en general son de mediana magnitud, a excepción de peso de vellón y peso de parche, donde tanto fenotípicamente como genéticamente ambos caracteres están altamente

Tabla 1. Parámetros poblacionales del desempeño productivo corregido por los efectos fijos significativos y grado de ajuste de los modelos utilizados para cada variable

	LM (cm)	PESOV (kg)	PERIM (cm)	GMT (%)	PESOST (g)	DMFT ( $\mu$ m)	CVDMFT (%)
Media	13.1	1.8	120.8	55.2	10.3	26.2	31.6
D. S.	2.9	0.383	1.32	19.0	2.5	3.7	6.1
R <sup>2</sup>	0.48	0.5	0.77	0.42	0.47	0.6	0.28

LM: largo de mecha; PESOV: peso de vellón sucio; PERIM: perímetro torácico; GMT: grado de medulación total; PESOST: peso de parcha; DMFT: diámetro medio de fibras totales; CVDMFT: coeficiente de variación del diámetro medio de fibras totales; D.S: desvío estándar; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación ajustado

Tabla 2. Parámetros genéticos estimados para variables de producción de fibra.

	LM	PESOV	PERIM	GMT	PESOST	DMFT	CVDMFT
LM	0.17 ± 0.05	0.36**	0.07ns	0.07 ns	0.38**	0.03ns	-0.08*
PESOV	0.46 ± 0.09	0.30 ± 0.05	0.19**	0.31**	0.77**	0.36**	-0.03ns
PERIM	0.34 ± 0.09	0.35 ± 0.11	0.30 ± 0.06	0.36**	0.21**	0.15**	-0.01ns
GMT	-0.32 ± 0.13	0.27 ± 0.10	0.26 ± 0.14	0.28 ± 0.05	0.24***	0.57***	0.08 *
PESOST	0.16 ± 0.23	0.82 ± 0.11	0.32 ± 0.15	0.36 ± 0.16	0.30 ± 0.08	0.37**	0.0 ns
DMFT	0.44 ± 0.19	0.43 ± 0.15	0.73 ± 0.14	0.40 ± 0.14	0.19 ± 0.24	0.22 ± 0.06	0.0 ns
CVDMFT	-0.18 ± 0.15	-0.01 ± 0.13	0.20 ± 0.06	0.24 ± 0.12	-0.35 ± 0.17	0.78 ± 0.12	0.31 ± 0.05

LM: largo de mecha; PESOV: peso de vellón sucio; PERIM: perímetro torácico; GMT: grado de medulación total; PESOST: peso de prueba; DMFT: diámetro medio de fibras totales; CVDMFT: coeficiente de variación del diámetro medio de fibras totales; Correlaciones genéticas debajo de la diagonal y fenotípicas sobre la diagonal.

ns=no significativa

\*P < 0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001. Heredabilidades en la diagonal

Tabla 3. Repetibilidades estimadas en las variables medidas

Variable	Repetibilidad
LM	0.39 ± 0.05
PESOV	0.49 ± 0.05
PERIM	0.64 ± 0.06
GMT	0.47 ± 0.04
PESOST	0.57 ± 0.05
DMFT	0.42 ± 0.06
CVDMFT	0.24 ± 0.04

LM: largo de mecha; PESOV: peso de vellón sucio; PERIM: perímetro torácico; GMT: grado de medulación total; PESOST: peso de parche; DMFT: diámetro medio de fibras totales; CVDMFT: coeficiente de variación del diámetro medio de fibras totales

correlacionados. Esto da la posibilidad de usar el peso del parche como predictor del peso de vellón como sucede en caprinos (Bishop, 1994). Por otra

parte, la mayor discrepancia entre correlación fenotípica y genética se da entre las variables DMFT y PERIM, siendo la genética extremadamente alta. Si bien se puede ensayar una posible explicación concordante con lo que sucede en ovinos (Adams y Cronjè, 2003), no queda claro el hecho que la fenotípica es significativa pero baja (0.15). Posiblemente el uso de una transformación para la variable DMFT ha modificado la magnitud de esta relación, que de ser cierta demostraría que a animales más grandes corresponden diámetros mayores.

La Tabla 3 presenta los resultados de las respectivas repetibilidades medidas en las variables del vellón y el tamaño corporal. En todos los casos se puede afirmar que la toma de más un dato a lo largo de la vida del animal no aportaría demasiada mejora en la precisión de la variable medida. Esto es fundamentalmente cierto en perímetro torácico y menos palpable en el coeficiente de variación del diámetro.

## Conclusiones

En general, se pueden esperar respuestas a la selección importantes si se eligen estas variables como criterios de selección. En especial, resulta particularmente importante el uso de la variable peso de parche para determinar peso de vellón por su correlación genética alta con este. Las correlaciones desfavorables entre peso de vellón, diámetro medio y tamaño corporal se pueden

solucionar mediante la derivación de índices de selección que restrinjan o mantengan constantes las variables que se modificarían con el aumento de la producción de fibra. El problema del sesgo del diámetro medio total de todas las fibras se debe estudiar con más detalle para encontrar una solución más eficiente que la transformación matemática de la variable.

## Literatura Citada

- Adams, N. R. and P. B. Cronjè, 2003. A review of the biology linking fibre diameter with fleece weight, liveweight, and reproduction in Merino sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 54: 1-10.
- Bishop, S. C. 1994. Strain comparisons in Cashmere goats in the United Kingdom. *Proc. Int. Workshop: The Genetics of Fibre Producing Animals*. Peebles, U.K.
- Choque, F. y T. Rodríguez. 1988. Determinación de parámetros genéticos en caracteres de producción de carne y fibra en llamas. En: VI Conv. Int. Especialistas en Cam. Sud. Oruro, Bolivia (Resumen).
- Couchman, R. C. and B. A. McGregor. 1983. A note on the assessment of down production in Australian 'cashmere' goats. *Anim. Prod.* 36:317-524.
- Frank, E. N. 1997. Mejoramiento genético en camélidos sudamericanos domésticos. Una propuesta para la población Argentina. En: Frank, E. N. (Ed.) *Actas 2º Seminario Internacional de Camélidos Sudamericanos Domésticos*. p 51-75.
- Frank, E. N. y C. M. Nuevo Freire. 1985. Estudio de la productividad de un plantel de llamas de la puna catamarqueña. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 5(7-8): 505-512.
- Frank, E. N. y V. E. Whebe. 1993. Producción y comercialización de fibras de camélidos sudamericanos domésticos en Argentina. En: Mueller, J. P. (Ed.) *Taller sobre Producción y Comercialización de Fibras Especiales*. p. 81-96.
- Frank, E. N., M. V. H., Hick, C. D. Gauna, y M. G. Molina. 2005. Determinación de parámetros genéticos en variables de producción de fibra en llamas argentinas. En: 28º Cong. Arg. Prod. Anim., Bahía Blanca, 19-21 octubre. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 25(Supl 1): 239-240.
- Frank, E. N., M. V. H. Hick, C. D. Gauna, H. E. Lamas, C. Renieri, and M. Antonini. 2006. Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic Camelids (llamas and alpacas). *Small Rumin. Res.* 61: 113-129.
- Gauna, C. D., C. M. Nuevo Freire, E. N. Frank, M. V. H., Hick, G. P. Bollati, M. Uriozte, S. Delarada, and C. Renieri. 2001. A study of growth and development in Argentine llamas. In: Gerken, M. and C. Renieri (Eds.) *Progress in South American camelids research*. EAAP Publ., 260-266.
- Kiesling, C. 1996. Weight estimates for llamas based on body dimensions. In: Gerken, M. and C. Renieri (Eds.) *Proc. 2nd European Symp. on South American Camelids*. p. 71-78.
- León-Velarde, C. U. and J. Guerrero. 2001: Improving quantity and quality of alpaca fiber; using a simulation model for breeding strategies. In: [http://inrm.cip.cgiar.org/home/publicat/\\_01cpb023.pdf](http://inrm.cip.cgiar.org/home/publicat/_01cpb023.pdf). (Consultado: 25/07/07).
- Nuevo Freire, C. M. 1997. Reseña del desarrollo de la investigación científica y las actividades académicas sobre Camélidos Sudamericanos en la República Argentina. In memoriam del Profesor Dr. Domingo Roque Galotta. En: Frank, E. N. (Ed.) *Actas 2º Seminario Internacional de Camélidos Sudamericanos Domésticos*. p. 5-12.
- Ponzoni, R. W., R. J. Grimson, J. A. Hill, D. J. Hubbard, B. A. McGregor, A. Howe, I. Carmichale, and G. J. Judson. 1999. The inheritance of and associations among some production traits in young Australian alpacas. In: *Proc. Aust. Assoc. Advancement of Animal Breeding and Genetics* 13: 468-471.
- Roque, J., M. Carpio y R. Blackewell. 1985. Transmisión hereditaria de peso vivo y longitud de mecha en alpacas. En: V. Conv. Int. Esp. Cam. Sud. Oruro, Bolivia. (Resumen).
- Ruiz de Castilla, M. G. Alagon Huallpa y C. R. Quirita Bejar. 1992. Estudio de parámetros genéticos en alpacas Huacaya. En: *Informe de trabajos de investigación en alpacas y llamas de color*. Vol. II (Genética). 1-28.
- Velasco, J. 1980. Heredabilidades y correlaciones de peso corporal y peso de vellón en alpacas. En: *Anales de la III Reunión de la Asoc. Peruana de Prod. Anim. (APPA)*. Lima, Perú (Resumen).
- Whebe, V. E. 1994. Situación actual de los camélidos sudamericanos domésticos en Argentina y proyectos de investigación y desarrollo en ejecución. En: Frank, E. N. y C. Renieri (Eds.) *Actas 1º Seminario Internacional de Camélidos Sudamericanos Domésticos*. p. 2-3.
- Wuliji, T., G. H. Davis, K. G. Dodds, P. R. Turner, R. N. Andrews, and G. D. Bruce. 2000. Production performance, repeatability and heritability estimates for liveweight, fleece weight and fiber characteristics of alpaca in New Zealand. *Small Rumin. Res.* 37: 189-201.
- Wurzinger, M., J. Delgado, M. Nürnberg, A. Valle Zárate, A. Stemmer, G. Ugarte, and J. Sölkner. 2006. Genetic parameters for coat characteristics in Bolivian llamas. In: Gerken, M. and C. Renieri. (Eds.) *South American Camelids Research*. Vol. I. Wageningen Ac. Pub. p. 79-88.