

La Correlación de Pearson o de Spearman en caracteres físicos y textiles de la fibra de alpacas

The Pearson or Spearman Correlation in physical and textile traits of alpaca fibre

Edgar Apaza Zúñiga¹, Samuel Cazorla Chambi², César Condori Carbajal²,
Fredy R. Arpasi Meléndez², Isabel Tumi Figueroa², William Yana Viveros²,
Jesús E. Quispe Coaquira¹

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivos determinar coeficientes de Correlación de Pearson y de Spearman, significancias e intervalos de confianza, así como definir el mejor procedimiento que determine la relación de asociación lineal para caracteres de fibra en alpacas Huacaya. Se utilizaron 22 543 muestras de vellón de alpacas de la Región Puno, Perú. En cada muestra se analizaron variables que evidencian características físicas y textiles. Se determinaron 45 coeficientes de Correlación de Pearson para pares de caracteres y la significancia se determinó por aproximación a la distribución de t de Student; los intervalos de confianza se determinaron por aproximación Z de Fisher. Para los mismos datos se determinaron coeficientes de Correlación de Spearman, la significancia se obtuvo estandarizando valores de r_s de Spearman a un valor de t de Student, la probabilidad de significancia se determinó a través de la función de t de Student para este coeficiente, y los intervalos de confianza se obtuvieron por la aproximación de Ruben. Se ejecutó un análisis de supuestos que confieren exactitud a dichos coeficientes y validez de sus inferencias. Los valores de r y r_s fueron diferentes, positivos o negativos. Los valores

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad nacional del Altiplano, Puno, Perú

² Proyecto Especial Camélidos Sudamericanos, Gobierno Regional Puno. Perú

³ E-mail: edapazaz@gmail.com

Recibido: 28 de septiembre de 2021

Aceptado para publicación: 8 de mayo de 2022

Publicado: 29 de junio de 2022

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

absolutos de r y r_s , estuvieron en un rango de 0.000 a 0.963, y de 0.003 a 0.977 como mínimos y máximos, respectivamente. En ambos coeficientes, la significancia fue mayoritariamente $p < 0.000$. Los intervalos de confianza fueron estrechos en ambos coeficientes. Los valores de los coeficientes de Correlación de Pearson son mayores que los de la Spearman, en mayor proporción, para las mismas relaciones de variables. La de Spearman es más adecuada para medir la relación de asociación lineal entre caracteres físicos y textiles en fibra de alpacas.

Palabras clave: correlación, Pearson, Spearman, fibra, alpaca

ABSTRACT

The study aimed to determine Pearson's and Spearman's Correlation Coefficients, significances and confidence intervals, as well as to define the best procedure to determine the linear association relationship for fibre characters in Huacaya alpacas. A total of 22 543 alpaca fleece samples from the Puno Region, Peru was used. Variables that show physical and textile characteristics were analysed in each sample. Forty-five Pearson Correlation coefficients were determined for pairs of characters and the significance was determined by approximating the Student's t-distribution; confidence intervals were determined by Fisher's Z approximation. For the same data, Spearman's Correlation coefficients were determined, significance was obtained by standardizing Spearman's r_s values to a Student's t value, the probability of significance was determined through the Student's t function for this coefficient, and confidence intervals were obtained by Ruben's approximation. An analysis of assumptions that confer accuracy to these coefficients and validity of their inferences was carried out. The values of r and r_s were different, positive or negative. The absolute values of r and r_s were in a range from 0.000 to 0.963, and from 0.003 to 0.977 as minimums and maximums, respectively. In both coefficients, the significance was mostly $p < 0.000$. Confidence intervals were narrow for both coefficients. The values of the Pearson Correlation coefficients are greater than those of the Spearman, in greater proportion, for the same variable relations. Spearman's is more suitable for measuring the linear association relationship between physical and textile characters in alpaca fibre.

Key words: correlation, Pearson, Spearman, fibre, alpaca

INTRODUCCIÓN

Los análisis de correlación son métodos estadísticos descriptivos utilizados en investigación de nivel relacional (Badii *et al.*, 2007), con los que se estima la magnitud y define la tendencia de la relación entre variables. Los métodos de correlación de Pearson (CP) y Spearman (CS) son técnicas bivariadas que se emplean en circunstancias multivariadas para la explicación de diversos

fenómenos relacionados en el campo animal y vegetal (Restrepo y Gonzales, 2007). En las correlaciones de Pearson [r] (Pearson, 1896) y de Spearman [r_s] (Spearman, 1904), los procedimientos guardan relación con la naturaleza de las variables utilizadas. El primer coeficiente es un estadístico paramétrico que requiere absolver previamente el cumplimiento de varias premisas o supuestos, especialmente el de normalidad bivariada para las variables analizadas (Hernández *et al.*, 2018), en tanto el segundo es un estimador

no paramétrico utilizado en variables que no necesariamente cumplen criterio de normalidad (Sánchez-Villegas *et al.*, 2020).

El coeficiente de correlación de Pearson (CCP) es un estadístico frecuentemente utilizado en diversas áreas del quehacer científico. Hernández *et al.* (2018) explican el uso indebido que se le da a esta herramienta estadística, especialmente en aquellos escenarios en los que debe ser interpretada correctamente, o en los que se tienen que comprobar las suposiciones matemáticas que la sustentan. Estudios de investigación que determinan la relación de asociación entre caracteres de la fibra de camélidos sudamericanos domésticos y silvestres (Lupton *et al.*, 2006; Manso, 2011; Díaz, 2014; Pariona, 2014; Vásquez *et al.*, 2015; Machaca *et al.*, 2017; Calsín, 2017, Tapia, 2018) refieren al Coeficiente de Correlación de Pearson; sin embargo, ninguno indica que previa su determinación se haya verificado el cumplimiento de supuestos que otorgan validez al coeficiente; más aun es imprescindible que al menos una de las variables tenga una distribución Normal si el objetivo es realizar inferencias válidas.

Otro aspecto importante a considerar en la determinación de los CCP y CCS es el tamaño de la muestra, los cuales deben ser adecuados si se desea determinar parámetros confiables recurriendo a procedimientos metodológicos adecuados (Henríquez *et al.*, 2012). Lo evidente es que la determinación del tamaño muestral no siempre se presenta en trabajos de investigación.

La estima de los coeficientes de correlación no únicamente implica estimación puntual, sino que también requiere de intervalos de confianza. Estos y la significación estadística del coeficiente son dos caras de una moneda, dado que se complementan, pero no se sustituyen (Santabarbara, 2019). Una buena práctica requiere que, para tomar decisiones de investigación acertadas, ambos aspectos deben ser considerados. Para que los esti-

mados a través de intervalos de confianza y la significancia del CCP sean válidos, se precisa que ambas variables tengan una distribución Normal bivariada (Camacho, 2008; Triola, 2009), ya que, de no acreditar el cumplimiento de estos supuestos, los resultados no serían confiables y, por lo tanto, las interpretaciones tampoco serían válidas.

El objetivo del estudio fue determinar valores de los CCP y CCS y su significancia para pares de características físicas y textiles de la fibra de alpaca, así como estimar intervalos de confianza que contribuyan a definir el mejor procedimiento estadístico de la relación de asociación entre estos caracteres.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del Estudio

Se utilizaron 22 543 muestras de vellón obtenidas de alpacas Huacaya, de diversa edad y de ambos sexos, procedentes de todas las provincias de la Región Puno, excepto Yunguyo. Se incluyeron muestras de 55 distritos y 362 comunidades distribuidas a lo largo de los dos sectores de la Zona Agroecológica Puna: Puna Seca y Puna Húmeda, de la Región Puno (ALT-PNUD, 2001). El sistema de manejo fue de tipo extensivo, con alimentación a base de pastos naturales de praderas altoandinas.

Análisis de Fibra

Las muestras de fibra fueron analizadas en el Laboratorio de Fibras del Proyecto Especial Camélidos Sudamericanos (PECSA) del Gobierno Regional Puno, utilizando un equipo OFDA 2000, instrumento diseñado y propuesto para la medición de características en fibra grasienta, siguiendo la propuesta metodológica de Brims *et al.* (1999). En cada muestra se determinaron variables que evidencian características físicas y textiles: Diámetro medio de la fibra (MDF), Desviación

estándar del diámetro de fibra (DE), Coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra (CDV), *Coarse Edge Micron* (CEM), porcentaje (%) de fibras menores a 15 μm (FINO15), Factor de confort (FDEC), Finura de hilado (FDEH), largo de la mecha (LMECHA), *Finest point from the tip* (FPFT) e Índice de curvatura (CRV).

Análisis Estadístico

El Coeficiente de Correlación de Pearson fue obtenido por,

$$\rho = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} \quad -1 \leq \rho \leq 1$$

parámetro que en términos de su estadístico se expresa según (Restrepo y Gonzales, 2007), como

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n XY - (\sum_{i=1}^n X)(\sum_{i=1}^n Y)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n X^2 - (\sum_{i=1}^n X)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n Y^2 - (\sum_{i=1}^n Y)^2 \right]}}$$

La significancia del Coeficiente de Correlación (r) de Pearson implicó la aplicación de la prueba de significancia estadística de t para el CCP, bajo el supuesto de que ρ es el verdadero valor del CCP. El estadístico

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \rightarrow t_{n-2v}$$

prueba la $H_0: r = 0$, basado en una aproximación a la distribución de t de Student, el cual es comparado con la distribución de t de Student con $n-2$ grados de libertad (Looney, 2015). Operativamente, para la determinación del CCP y la significancia de estos en términos probabilísticos (p value) se recurrió al procedimiento *Corr* del SAS (2013).

Para la determinación de los intervalos de confianza para el Coeficiente de Correlación de Pearson se utilizó la transformación Z de Fisher, transformando las r correlaciones muestrales en una nueva variable aleatoria que se distribuye aproximadamente normal, variable que puede ser usada para derivar un intervalo de confianza aproximado para el verdadero valor del Coeficiente de correlación de Pearson (Looney, 2015). Así,

asumiendo normalidad asintótica de esta última, se determinó un intervalo para el coeficiente de correlación poblacional (ρ) (Krishnamoorthy y Xia, 2007). Fisher (Kendall y Stuart, 1961) demostró que cuando se toman muestras de tamaño mayor a 25 de una distribución normal bivariada con un coeficiente de correlación ρ , la tangente hiperbólica inversa de la Correlación de la muestra tiene una distribución aproximadamente normal. La Tangente hiperbólica inversa del coeficiente de correlación fue obtenida a través de la función ATANH de la hoja electrónica Excel, así como la tangente del producto: ATANH por

$$\frac{Z_{\alpha}}{2} / \sqrt{N-3}$$

fue obtenida por la función TANH de la misma hoja de cálculo. Los límites de confianza fueron obtenidos por las ecuaciones siguientes:

$$LI = \tanh \left[\arctan(r) - \frac{Z_{\alpha}}{2\sqrt{n-3}} \right] \quad \text{y} \quad LS = \tanh \left[\arctan(r) + \frac{Z_{\alpha}}{2\sqrt{n-3}} \right]$$

(Stuart y Ord, 1987), para el Límite inferior (LI) y Límite superior (LS), respectivamente

Coefficiente de Correlación de Rangos Ordenados (r_s) de Spearman (CCS)

Fueron determinados a través de:

$$\rho_{ho} = \frac{\sum x^2 + \sum y^2 - \sum d_i^2}{2 * \sqrt{\sum x_i^2 * \sum y_i^2}}$$

(Restrepo y Gonzales, 2007), donde ρ_{ho} es el símbolo paramétrico del CCS, y r_s su estadístico. Ecuación que implícitamente corrige el efecto del número grande de rangos (Barreto, 2011), debido a la existencia de valores iguales (*empatados*) dentro de cada variable. Operacionalmente este fue determinado recurriendo al procedimiento: *Proc Corr Spearman*, del Software SAS.

Por el gran tamaño de muestra que se utilizó y que inviabiliza el uso de la Tabla: «Significancia de la correlación de Spearman», para determinar la Significancia del Coeficiente de Correlación de Spearman,

se estandarizaron los valores de ρ de Spearman a un valor de t de Student, la misma que se distribuye con $n-2$ grados de libertad. El estadístico de t se utilizó para someter a prueba la hipótesis $H_0: \rho=0$, dado que H_0 sea cierto. El valor de la probabilidad de significancia para el CCS fue determinado a través de:

$$t = \frac{r_s}{\sqrt{\frac{1-r_s^2}{n-2}}} \rightarrow t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$$

donde r_s es el coeficiente de correlación de Spearman, t fue contrastado con valores de la Tabla: «Percentiles de la distribución de t de Student» para infinitos grados de libertad, para una prueba bilateral.

El Intervalo de confianza para el Coeficiente de Correlación de Spearman fueron determinados por la aproximación de Ruben (Boomsma, 1977), recurriendo al Archivo RHO_CI del programa SAS®, programa específico para calcular límites de confianza de Ruben. Ruben (1966) demostró que:

$$Z_{hr} = \frac{\{(2n-5)/2\}^{1/2} \tilde{r} - \{(2n-3)/2\}^{1/2} \tilde{\rho}}{\{1 + 0.5(\tilde{r}^2 + \tilde{\rho}^2)\}^{1/2}}$$

(Sun y Wong, 2007) está distribuida como normal estandarizada, para $n>2$, donde:

$$\tilde{r} = \frac{r^{1/2}}{(1-r^2)} \text{ y } \tilde{\rho} = \frac{\rho^{1/2}}{(1-\rho^2)}$$

Consecuentemente, los intervalos de confianza para \tilde{n} , con un nivel de confianza (1-0.05), pueden ser fácilmente obtenidos de la distribución asintótica Z_{hr} .

Pruebas de Normalidad para Características Físicas y Textiles de la Fibra

Se ejecutaron pruebas de normalidad de Kolmogórov-Smirnov y de Ryan-Jonier al objeto de determinar normalidad en las distribuciones de cada una de las características del presente estudio. Para este efecto, se utilizaron los Software SAS 9.4 y Minitab 17.

RESULTADOS

El Cuadro 1 presenta los CCP, niveles de significancia e intervalos de confianza para la relación de asociación entre pares de características físicas y textiles de la fibra de alpacas, evidenciándose con claridad que algunos valores de los CCP (r) son positivos y otros son negativos.

Los valores de r , en términos absolutos, se encuentran en un rango de 0.000 a 0.963, como mínimo y máximo, respectivamente, de los cuales se deduce la magnitud de la relación lineal entre variables, los que pueden ser calificados como: Correlación Nula (0), Muy baja (± 0.01 a ± 0.10), Débil (± 0.11 a ± 0.50), Media (± 0.51 a ± 0.75), Considerable (± 0.76 a ± 0.90), Muy fuerte (± 0.91 a ± 0.99) y Perfecta (1.00) (Mondragón, 2014). Para el caso específico de $r = 0.000$, no necesariamente implica que no exista relación entre estas variables, sino que la relación podría ser no es lineal, y para el caso de $r = 0.963$, se deduce que la relación describe una función aproximadamente lineal.

De manera similar, en el Cuadro 1 se observa la significancia estadística de r . donde la mayoría de los valores son de orden $p < 0.000$, excepto para algunos que muestran una significancia con valores p cercanos a cero: MDMF-LMECHA (0.002), DE-LMECHA (0.004), o muy bajos como CEM-PFPT (0.128), FINO15-LMECHA (0.193), y otros moderados como CDV-FDEC (0.488); valores que permiten discernir si las variables están relacionadas o que dicha relación es consecuencia del azar.

Es importante precisar que el CCP paramétrico (ρ) puede ser estimado por intervalos de confianza; en efecto, el Cuadro 1 presenta intervalos de confianza para los CCP definidos por los límites inferior (LI) y superior (LS), respectivamente, a un nivel de confianza de (1-0.05). Es evidente que cada co-

Cuadro 1. Coeficientes de Correlación de Pearson (*r*) para características físicas y textiles de la fibra de alpacas de la Región Puno

		DE	CDV	CEM	FINO15	FDEC	FDEH	LMECHA	PFPT	CRV
MDF	<i>r</i>	0.693	-0.149	0.623	-0.774	-0.881	0.963	0.019	-0.070	-0.479
	Sig.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
	LI	0.686	-0.162	0.614	-0.779	-0.885	0.962	0.006	-0.083	-0.489
	LS	0.699	0.136	0.630	-0.769	-0.879	0.964	0.323	-0.057	-0.469
DE	<i>r</i>		0.599	0.912	-0.449	-0.701	0.842	0.019	-0.070	-0.479
	Sig.		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000
	LI		0.590	0.909	-0.459	-0.707	0.838	-0.011	-0.083	-0.061
	LS		0.607	0.914	-0.438	-0.694	0.846	0.015	-0.057	-0.035
CDV	<i>r</i>			0.547	0.257	0.000	0.050	0.115	0.086	-0.127
	Sig.			0.000	0.000	0.488	0.005	0.000	0.000	0.000
	LI			0.538	0.245	-0.013	0.037	0.103	0.074	0.115
	LS			0.556	0.269	0.013	0.063	0.128	0.099	0.141
CEM	<i>r</i>				-0.390	-0.658	0.732	0.081	0.007	-0.422
	Sig.				0.000	0.000	0.000	0.000	0.128	0.000
	LI				-0.401	-0.666	0.725	0.068	-0.005	-0.433
	LS				-0.379	-0.651	0.738	0.094	0.021	-0.411
FINO15	<i>r</i>					0.449	-0.719	-0.006	0.068	0.302
	Sig.					0.000	0.000	0.191	0.000	0.000
	LI					0.439	-0.725	-0.019	0.056	0.290
	LS					0.459	0.713	0.007	0.082	0.314
FDEC	<i>r</i>						-0.874	-0.021	0.055	0.458
	Sig.						0.001	0.001	0.000	0.000
	LI						-0.877	-0.035	0.043	0.448
	LS						0.871	-0.009	0.068	0.468
FDEH	<i>r</i>							0.041	-0.655	-0.504
	Sig.							0.000	0.000	0.000
	LI							0.027	-0.068	-0.513
	LS							0.054	0.042	-0.494
LMECHA	<i>r</i>								0.316	-0.156
	Sig.								0.000	0.000
	LI								0.304	-0.169
	LS								0.328	-0.143
PFPT	<i>r</i>									-0.176
	Sig.									0.000
	LI									0.305
	LS									0.328

r = Coeficiente de Correlación de Pearson, Sig= Significación estadística del coeficiente de correlación de Pearson, LI = Límite inferior de *r*, LS = Límite superior de *r*

Diámetro medio de la fibra (MDF), Desviación estándar del diámetro de fibra (DE), Coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra (CDV), Coarse Edge Micron (CEM), porcentaje (%) de fibras menores a 15 μm (FINO15), Factor de confort (FDEC), Finura de hilado (FDEH), largo de la mecha (LMECHA), Finest point from the tip (FPFT) e Índice de curvatura (CRV)

Cuadro 2. Coeficientes de Correlación de Spearman (r_s) para características físicas y textiles de la fibra de alpacas de la Región Puno

		DE	CDV	CEM	FINO15	FDEC	FDEH	LMECHA	PFPT	CRV
MDF	r_s	0.657	-0.168	0.546	-0.953	-0.942	0.977	0.003	-0.080	-0.450
	Sig	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.644	0.000	0.000
	LI.	0.649	-0.181	0.537	-0.954	-0.943	0.976	-0.010	-0.092	-0.460
	LS	0.664	-0.155	0.555	-0.952	-0.941	0.977	0.016	-0.067	-0.439
DE	r_s		0.048	0.444	-0.607	-0.657	0.677	0.045	-0.043	-0.333
	Sig		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LI.		0.034	0.433	-0.615	-0.664	0.669	0.032	-0.056	-0.344
	LS		0.061	0.454	-0.598	-0.649	0.684	0.058	-0.030	-0.321
CDV	r_s			0.489	0.343	-0.085	0.019	0.119	0.073	-0.109
	Sig			0.000	0.000	0.488	0.005	0.000	0.000	0.000
	LI			0.479	0.331	-0.097	0.005	0.106	0.060	-0.122
	LS			0.498	0.354	-0.072	0.032	0.132	0.086	-0.096
CEM	r_s				-0.388	-0.714	0.656	0.067	0.003	-0.368
	Sig				0.000	0.000	0.000	0.000	0.128	0.000
	LI				-0.399	-0.720	0.648	0.054	-0.010	-0.379
	LS				-0.377	-0.707	0.663	0.079	0.016	-0.356
FINO15	r_s					0.840	-0.891	-0.020	0.089	0.361
	Sig					0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
	LI					0.836	-0.893	-0.033	0.076	0.349
	LS					0.843	-0.888	-0.007	0.102	0.372
FDEC	r_s						-0.978	-0.025	0.055	0.479
	Sig						0.000	0.001	0.000	0.000
	LI						-0.978	-0.038	0.042	0.468
	LS						-0.977	-0.012	0.068	0.489
FDEH	r_s							0.026	-0.062	-0.483
	Sig							0.000	0.000	0.000
	LI							0.013	-0.075	-0.493
	LS							0.039	-0.048	-0.473
LMECHA	r_s								0.236	-0.134
	Sig								0.000	0.000
	LI.								0.224	-0.147
	LS								0.248	-0.121
PFPT	r_s									-0.151
	Sig									0.000
	LI									-0.164
	LS									-0.138

r_s = Coeficiente de Correlación por rangos de Spearman, Sig = Significación estadística del coeficiente de correlación de Spearman, LI = Límite inferior de ρ , LS = Límite superior de ρ

Diámetro medio de la fibra (MDF), Desviación estándar del diámetro de fibra (DE), Coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra (CDV), Coarse Edge Micron (CEM), porcentaje (%) de fibras menores a 15 μm (FINO15), Factor de confort (FDEC), Finura de hilado (FDEH), largo de la mecha (LMECHA), Finest point from the tip (FPPT) e Índice de curvatura (CRV)

Cuadro 3. Estadísticos de Kolmogorov-Smirnov (D) y Ryan-Jonier (R-J) y significancias (Pr>D) y (Pr>r-j) para características físicas y textiles de la fibra de alpacas de la Región Puno, Perú

	Kolmogorov-Smirnov		Ryan-Jonier	
	D	Pr>D	R-J	Pr>r-j
DMDF	0.05058	<0.010	0.986	<0.010
DE	0.07760	<0.010	0.978	<0.010
CDV	0.05263	<0.010	0.990	<0.010
CEM	0.07689	<0.010	0.963	<0.010
FINO15	0.20549	<0.010	0.887	<0.010
FDEC	0.21495	<0.010	0.831	<0.010
FDEH	0.05204	<0.010	0.985	<0.010
LMECHA	0.09496	<0.010	0.986	<0.010
FPFT	0.07616	<0.010	0.997	<0.010
CRV	0.01959	<0.010	0.999	<0.010

Pr>D = p value del estadístico de Kolmogorov-Smirnov, Rr> r-j= p value del estadístico de Ryan-Jonier

Diámetro medio de la fibra (MDF), Desviación estándar del diámetro de fibra (DE), Coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra (CDV), Coarse Edge Micron (CEM), porcentaje (%) de fibras menores a 15 μ m (FINO15), Factor de confort (FDEC), Finura de hilado (FDEH), largo de la mecha (LMECHA), Finest point from the tip (FPFT), Índice de curvatura (CRV)

eficiente de correlación se encuentra dentro de estos límites; además, en la mayoría de los casos el rango entre estos es muy estrecho, lo que le otorga fidelidad del valor de r . Así mismo, evidencian cierta asimetría respecto del valor de r .

El Cuadro 2 presenta los Coeficientes de Correlación de Spearman (r_s), niveles de significancias e intervalos de confianza para pares de características físicas y textiles de la fibra de alpacas. Los r_s asumen valores diferentes, precedidos de un signo positivo o negativo, dentro de un rango de 0.003 a 0.977

en términos de valores absolutos. Estos también pueden ser calificados conforme a lo establecido por Mondragón (2014). La evidencia de mayor relación lineal está definida por la correlación entre MDMF-FDEH (0.977) y la que presenta casi nula relación lineal es la correlación entre MDMF-LMECHA (0.003).

Respecto a la significación estadística del Coeficiente de Correlación de Spearman, se observa que casi la totalidad de coeficientes de correlación asumen un valor de 0.000, excepto las correlaciones entre MDMF-LMECHA (0.644), CDV-FDEC (0.488), CEM-PFPT (0.128), que evidencian que entre las características consideradas no existe una relación lineal, con un elevado nivel de probabilidad.

El Cuadro 2 presenta, además, los intervalos de confianza para cada CCS, donde es obvio indicar que entre estos límites se encuentra el valor de coeficiente de correlación con una confiabilidad del 95.0% para esta circunstancia. Un aspecto meritorio de precisar es el hecho de que la mayoría de los valores de los CCP son mayores que aquellos de los CCS para las mismas relaciones de asociación.

El Cuadro 3. presenta pruebas de normalidad para características físicas y textiles de la fibra de las alpacas del estudio. Una implicancia genérica de la interpretación de estos estadísticos para todas las variables es que ninguna se distribuye normalmente desde un punto de vista estrictamente estadístico, evaluados por ambos procedimientos de prueba.

DISCUSIÓN

Coeficiente de Correlación de Pearson

Los CCP determinados proporcionan información sobre la magnitud de la relación lineal entre pares de caracteres físicos y tex-

Cuadro 4. Coeficientes de Correlación de Pearson (r), referencias y tamaño de muestra, entre características físicas y textiles de la fibra de alpacas (Parte I)

Caracteres	Referencia	CCP	Alpacas (n)	Referencia	CCP	Alpacas (n)
MDF-CRV	Lupton <i>et al.</i> (2006)	-0.8585	58	Ticlla <i>et al.</i> (2015)	-0.69, -0.62 M, H	74
	Díaz (2014)	-0.68133	90	Roque y Ormachea, (2018)	-0.1049	120
	Flores (2017)	-0.509 **	957	Holt (2006)	-0.64	
	Siguayro (2009)	-0.17641 NS	50	Llactahuamani <i>et al.</i> (2020)	-0.3941 **	238 H-S
	Vásquez <i>et al.</i> (2015)	-0.46076 **	405	Aruquipa (2015)	-0.789	320
	Machaca <i>et al.</i> (2017)	-0.61 **	145	Tapia (2018)	-0.61	310
	Ramos de la Riva (2018)	-0.34 NS	80			
MDF-FDEC	Quispe <i>et al.</i> (2009)	-0.90		Ramos (2019)	-0.89 **	80
	Arango (2016)	-0.90	282	Díaz (2014)	-0.85871	282
	Ormachea, (2013)	-0.4821		Vásquez <i>et al.</i> (2015)	-0.74891 **	405
	Flores (2017)	-0.88158	957	Machaca <i>et al.</i> (2017)	-0.99 **	145
MDF-CDV	Roque y Ormachea (2018)	-0.57614	120	Pari (2018)	-0.629, -0.947 J-A	160
	Arango (2016)	-0.23	282	Aruquipa (2015)	-0.227	320
	Vásquez <i>et al.</i> (2015)	0.02818 NS	405	Ramos (2018)	0.14 NS	80
	Ticlla <i>et al.</i> (2015)	0.08, 0.06 M-H	74	Llactahuamani <i>et al.</i> (2020)	0.1292 NS	238
MDF-FDEH	Machaca <i>et al.</i> (2017)	-0.13 NS	145	Siguayro (2009)	-0.17641 NS	50
	Roque y Ormachea (2018)	0.7500	120	Ticlla <i>et al.</i> (2015)	0.99	74
MDF-DE	Vásquez <i>et al.</i> (2015)	0.9918	405			
	Arango (2016)	0.68	282	Ticlla <i>et al.</i> (2015)	0.76, 0.84 M-H	74
MDF-LMECHA	Roque y Ormachea, (2018)	-0.8157 NS	120			

MDF = Media del diámetro de fibra, CRD = Índice de curvatura, FDEC = Factor de confort, CDV = Coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra, FDEH = Finura de hilado, DE = Desviación estándar del diámetro de fibra, LMECHA= Largo de mecha
M-H = Machos y hembras, J-A = Jóvenes y adultos
** = Altamente significativo, NS= No significativo

Cuadro 5. Coeficientes de Correlación de Pearson (*r*), referencias y tamaño de muestra, entre características físicas y textiles de la fibra de alpacas (Parte II)

Caracteres	Referencia	CCP	Alpacas (n)	Referencia	CCP	Alpacas (n)
DE-CDV	Arango, 2016	0.55	282	Ticalla <i>et al.</i> (2015)	0.70, 0.53 M-H	74
CDV-FDEC	Arango (2016)	0.13	282	Ramos (2019)	-0.33	80
	Vásquez <i>et al.</i> (2015)	-0.07941 NS	405	Quispe <i>et al.</i> (2009)	0.13	
	Machaca <i>et al.</i> (2017)	-0.15 NS	145	Llactahuamani <i>et al.</i> (2020)	-0.2424 **	238
CDV-CRV	Ticalla <i>et al.</i> (2015)	-0.36, -0.05 H-H	74			
	Vásquez <i>et al.</i> (2015)	-0.1529 **	405	Llactahuamani <i>et al.</i> (2020)	-0.36 **	238
	Machaca <i>et al.</i> (2017)	0.01 NS	145	Ticlla <i>et al.</i> (2015)	-0.25, -0.22 M-H	74
CDV-FDEH	Ramos (2019)	-0.44 NS	80			
	Arango (2016)	0.55	282	Ticalla <i>et al.</i> (2015)	0.70, 0.53 M-H	74
	Quispe (2009)	-0.66 **		Ticlla <i>et al.</i> (2015)	-0.71, -0.55 M-H	74
FDEC-CRD	Arango (2016)	-0.66	282			
	Ramos (2019)	0.30 NS	80	Llactahuamani <i>et al.</i> (2020)	0.4033 **	238
	Ticlla <i>et al.</i> (2015)	0.70, 0.55 M-H	70	Machaca <i>et al.</i> (2017)	0.62 **	145
FDEC-FDEH	Flores (2017)	0.4659 **	957	Vásquez <i>et al.</i> (2015)	0.3948 **	405
	Vásquez <i>et al.</i> (2015)	-0.75457 **	405	Ticlla <i>et al.</i> (2015)	-0.72, -0.62 M-H	74
	Vásquez <i>et al.</i> (2015)	-0.4780 **	405	Ticlla <i>et al.</i> (2015)	-0.97, 0.93 M-H	74

MDF = Media del diámetro de fibra, CRD = Índice de curvatura, FDEC = Factor de confort, CDV = Coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra, FDEH = Finura de hilado, DE = Desviación estándar del diámetro de fibra, LMECHA= Largo de mecha

M-H = Machos y hembras, J-A = Jóvenes y adultos

** = Altamente significativo, NS= No significativo

tiles de la fibra de alpacas; asimismo, definen la fuerza, la dirección, sentido o tendencia de la relación existente entre variables (Hernández *et al.*, 2018), categorizados según Mondragón (2014).

Varios son los reportes científicos a nivel regional, nacional e internacional, que-

presentan resultados de la relación de asociación entre variables para características de la fibra de alpacas a través del CCP (Cuadros 4 y 5). En estos cuadros se evidencia que los valores reportados por estos investigadores, para una misma relación de variables es disímil. Asimismo, también evidencia diferencias por efecto del sexo, edad y raza

en algunos casos. A esta realidad, se adicionan los resultados obtenidos en el presente estudio, hecho que contribuye a generar mayor variabilidad en los valores de los CCP para la relación entre variables. Sin embargo, un aspecto congruente de los resultados obtenidos en el estudio y los referidos por otros trabajos de investigación es la tendencia de la relación funcional.

Una de las razones que explica este comportamiento es el posible incumplimiento de los supuestos de normalidad bivariada, homocedasticidad e independencia (Manzo, 2011; Díaz, 2014; Machaca *et al.*, 2017; Vásquez *et al.*, 2015; Lupton *et al.*, 2006). En las investigaciones que determinan CCP y ejecutan inferencias acerca del parámetro ρ no hacen referencia implícita que se ha verificado el cumplimiento previo de los supuestos referidos. En ausencia de normalidad es de esperar que se obtengan resultados diferentes a la realidad (Sánchez y Borges, 2005). Consecuentemente, los valores así determinados carecen de precisión, dado que muchos de los métodos estadísticos inferenciales se basan en la normalidad de la distribución de la variable. De no serlo, los contrastes ejecutados no son válidos, incluyendo el análisis de correlación propuesto por Pearson (Morales y Rodríguez, 2016). Paradójicamente, esta circunstancia también ocurrió con las variables del presente estudio, por cuanto que, a sabiendas de que sus distribuciones no cumplen estrictamente la normalidad, se determinó los CCP. Por otro lado, muestras grandes tienden a disminuir los efectos perjudiciales de no normalidad (Morales y Rodríguez, 2016), y en el caso del presente estudio se utilizó un tamaño de muestra muy grande, lo cual este efecto queda atenuado en algunas de las variables.

La Figura 1 presenta histogramas de frecuencias para las características DMDF, CRV, DE, FDEH, CEM y CDV. Una apreciación intuitiva de estas permite percibir una distribución normal, aunque estrictamente no lo son acorde con las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Ryan Jonier. Sin embargo,

aceptando con cierta relatividad que se aproximan a una normal, los valores de los CCP entre estas características podrían ser considerados aproximaciones de parámetros verdaderos y válidos; al objeto de pruebas de hipótesis e inferencias a cerca de r (Sánchez y Borges del Rosal, 2004).

El tamaño de muestra es otra de las razones que explica la diversidad de valores de los CCP para una misma relación de variables en los trabajos publicados que relacionan caracteres de la fibra de alpacas, como se evidencia en los cuadros 4 y 5. Se aprecia que el tamaño de muestra es pequeño o relativamente pequeño en la mayoría de las citas. Díaz y Fernández (2002) sostienen la necesidad de precisar el tamaño de la muestra requerida para la ejecución de un estudio correlacional, de modo que permita al investigador conocer el número mínimo de individuos a estudiar para detectar como significativo una magnitud determinada. De no hacerlo conlleva a realizar estudios con un número insuficiente de casos y cometer Error de Tipo II; es decir, no detectar una correlación significativa cuando realmente existe.

Enríquez *et al.* (2012) afirman que el tamaño de la muestra para la determinación de r , a un nivel de significación dado depende solo del valor de ρ ; es decir, será mayor cuando ρ esté próximo a cero y disminuirá cuando ρ tiende a uno; aspecto que en el presente estudio no se tuvo en cuenta, debido a la carencia de valores paramétricos referenciales de los CCP. Afortunadamente, los CCP entre algunas características, producto de la presente investigación, podrían considerarse aproximaciones de parámetros verdaderos y válidos que ayuden a definir un tamaño de muestra óptimo para estos análisis.

La Figura 2 presenta histogramas de frecuencias para las características FINO15, FDEC, FPFT y LMECHAS. Es axiomático observar que estas variables no presentan una distribución Normal. Se evidencian comportamientos asimétricos de forma, así como transgresiones en el apuntamiento, lo cual

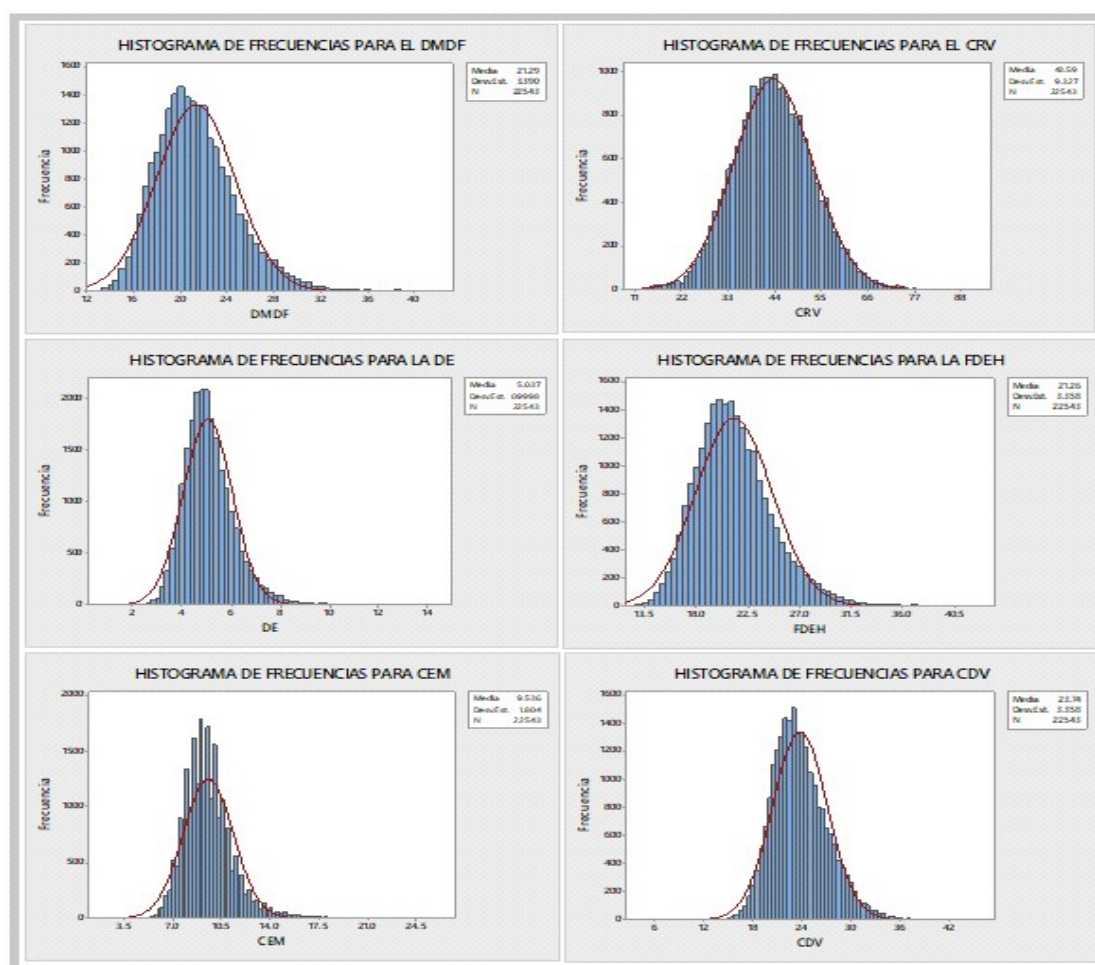


Figura 1. Histogramas de características físicas y textiles de la fibra de alpacas de la Región Puno, Perú: Diámetro Medio del Diámetro de fibra, Índice de Curvatura, Desviación Estándar del Diámetro de Fibra, Finura de Hilado, *Coarse Edge Micron* y Coeficiente de Variabilidad del Diámetro de Fibra

implica que los CCP obtenidos entre estos caracteres no sean confiables.

Existen exiguos referentes para determinar el número máximo de pares de datos y cómo es que este afecta sobre la significancia de r . Sin embargo, si se desea una estima muy precisa de la correlación en la población, será necesario siempre un número grande de sujetos (Morales y Rodríguez, 2016). El presente estudio utilizó un tamaño de muestra grande ($n = 22\ 543$), situación que

se presenta como fortaleza en la precisión de sus resultados.

Por otro lado, es importante puntualizar que la validez del CCP se sustenta en el hecho de que la relación funcional entre variables es de tipo lineal (Restrepo y Gonzales, 2007). Consecuentemente, los CCP solo tienen sentido si la relación funcional es del tipo lineal. En casos que no fuera lineal, el CCP sólo indica ausencia de una relación lineal, más no la ausencia de algún otro tipo de rela-

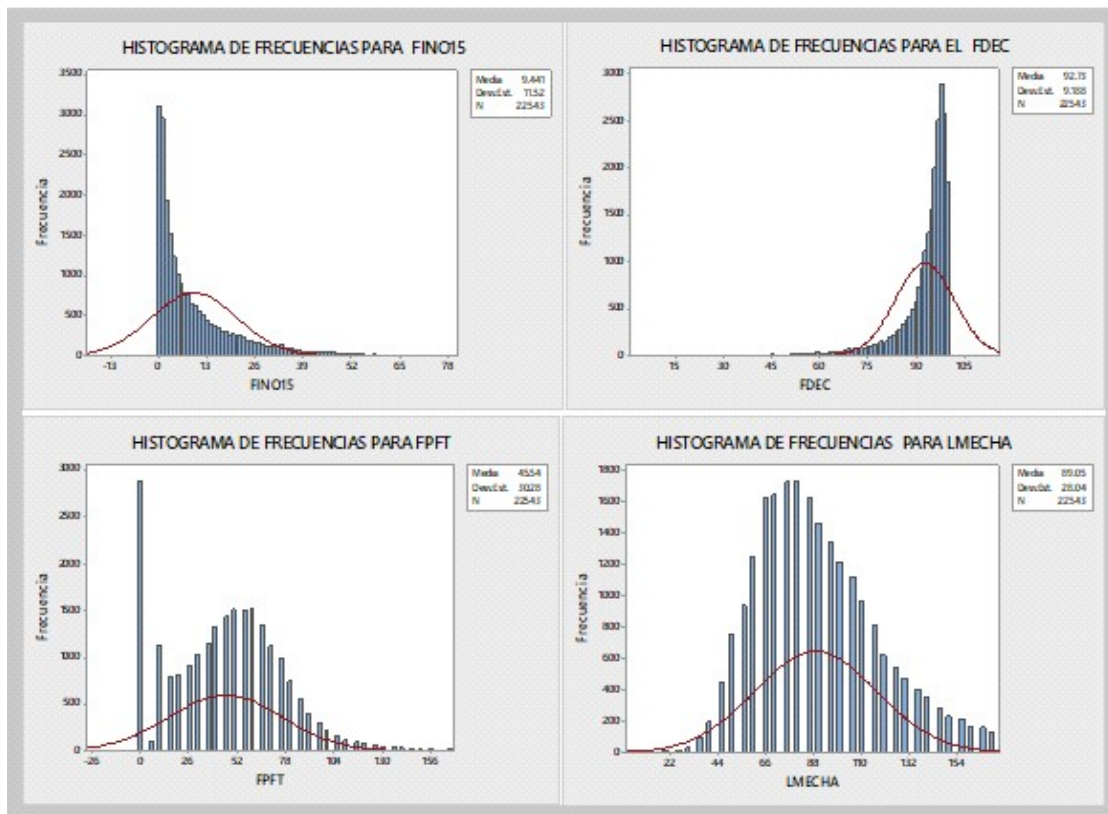


Figura 2. Histogramas de características físicas y textiles de la fibra de alpacas de la Región Puno, Perú: Porcentaje de fibras menores de 15 μm, Factor de confort, *Finest point from the tip* y Largo de Mecha

ción; circunstancia que en ninguna de las referencias de investigación consideradas ha sido mencionado. En el presente estudio se evidencia que las relaciones funcionales entre dos variables distribuidas aproximadamente de manera normal no necesariamente grafican una función lineal. Paradójicamente algunas distribuciones no normales tienen una relación funcional de tipo lineal, circunstancias que requieren ser consideradas al momento de la interpretación del valor de CCP.

Un aspecto adicional que explica la razón de algunos valores elevados de CCP en el presente estudio y que contribuyen a generar diferencias, es el hecho de utilizar datos basados en medias (Triola, 2009). Las

medias eliminan la variabilidad individual y pueden sobrevalorar el CCP. En este sentido, se asume que esto está ocurriendo en ciertas correlaciones del presente estudio, ya que usa medias de algunas variables como si fueran datos originales.

Significancia del Coeficiente de Correlación de Pearson

La significación estadística del CCP implica testar si r es estadísticamente diferente de cero (Díaz y Fernández, 2002), bajo el supuesto de la hipótesis $H_0: \rho=0$, a un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, siendo α la probabilidad de rechazar la $H_0: \rho=0$, que es verdadera.

El Cuadro 1 presenta valores-p (*p-value*) para los CCP. Se asumen valores de 0.000 excepto para las correlaciones CDV-FDEC (0.488) y CEM-PFPT (0.128); lo que implica que a la prueba de hipótesis se toma la decisión de aceptar la H_1 ; ρ diferente de 0, infiriendo el hecho de que todas las correlaciones, excepto las dos mencionadas, muestran una relación funcional de variables de tipo lineal en diferente magnitud, aun para valores de r muy bajos (FDEH-LMECHA [0.041], FINO15-PFPT [0.068]), así como para valores muy elevados (DE-CEM [0.912], MDMF-FDEH [0.963]). Desde esta perspectiva, la mayoría de los r tuvo una significancia menor a 0.000, lo cual indica que entre variables existe una relación de asociación a un nivel de error de Tipo I ≤ 0.01 ; o que la Correlación es altamente significativa diferente de cero. Sin embargo, es necesario precisar que, el valor de la significancia no considera la condición de la relación funcional entre variables.

En los cuadros 4 y 5 se observa que no es frecuente referir la significancia de los CCP. Aquellos que lo refieren hacen uso de asteriscos y *NS* para los casos en los que existe y no existe significación estadística, respectivamente; pero en ningún caso refieren el procedimiento del método para su determinación. Finalmente, muestras pequeñas con r grandes pueden no alcanzar significación o inversamente, muestras grandes con r pequeños pueden alcanzar significación estadística, aunque las diferencias biológicas sean irrelevantes; por lo que, es importante disponer de un número mínimo de individuos a estudiar para detectar como significativa una magnitud determinada (Díaz y Fernández, 2002), dado que de no hacerlo conlleva cometer Error de Tipo II.

Intervalos de Confianza para CCP.

La estimación del CCP por intervalos de confianza es un procedimiento alternativo en estadística aplicada, nunca referido en trabajos de investigación para caracteres en fibra de alpacas. Para ello se dispone de va-

rios métodos (Pacheco y Correa, 2013), siendo el más conocido el propuesto por Fisher donde se realiza una transformación del CCP muestral (r), asumiendo su normalidad asintótica y se estima un intervalo para el CCP poblacional ρ (Krishnamoorthy y Xia, 2007). Sin embargo, la transformación de Fisher es el menos eficiente para muestras de tamaño pequeño y r grandes, dado que en estas distribuciones el apuntamiento es ligeramente superior a cero (Sánchez y Borges del Rosal, 2004); de allí que es lógico esperar que z tiene una distribución aproximadamente Normal cuando el tamaño muestral es grande (Pacheco y Correa, 2013); circunstancia que abona a favor de la confiabilidad de los resultados obtenidos en el presente estudio, por la magnitud del tamaño de muestra utilizado.

En este contexto, y bajo la condición de que la transformación z de r no concuerde con la realidad teórica, los Intervalos de Confianza de los CCP determinados, entre las variables: DMF, DE, CRV, LMECHA, CDV y FDEH, pueden ser confiables debido a que sus distribuciones son aproximadamente normales y, consecuentemente, la transformación z de r con mayor razón será normal, condición que le da validez a dichos intervalos. Contrariamente, los intervalos de confianza para r entre las variables CEM, FINO15, FDEC y PFPT, no son confiables, por la violación de la razón explicada anteriormente.

El rango definido por los límites de confianza encontrados en el presente estudio, en términos absolutos, es más estrecha a medida que incrementa el valor de r ; comportamiento concordante con lo expuesto por Pacheco y Correa (2013), lo que implica que los intervalos de confianza son de menor amplitud cuando el verdadero valor de r se acerca a 1.

Coefficiente de Correlación de Rangos Ordenados de Spearman (r_s)

En el Cuadro 2 se observa que los CCS, en términos absolutos, se encuentran dentro del rango de 0.003 hasta 0.978, siempre prece-

dados de un signo, positivo o negativo, que definen la magnitud y sentido de la relación de asociación entre dos variables, respectivamente. Es una medida de asociación cuya relación funcional es de tipo lineal (Restrepo y Gonzales, 2007; Morales y Rodríguez, 2016). Según Mondragón (2014), el CCS examina la dirección y la magnitud de la asociación entre variables cuantitativas en cualquier tipo de asociación, no necesariamente lineal, que representa una ventaja comparativa respecto del CCP. Es necesario precisar que, la magnitud de la asociación obtenida no es el de los valores de las variables, sino el de las clasificaciones por rangos de dichos valores (Pérez, 2002), por lo que el CCS, procedimentalmente, es exactamente el mismo que el CCP, con la diferencia de que es calculado sobre rangos de observaciones (Camacho, 2008).

Se demostró que ninguna de las características en estudio tiene una distribución estrictamente normal (Cuadro 3). Esto implica que los CCP obtenidos tienen un sesgo que depende de cuan anormales son las distribuciones bivariadas, lo cual resta confiabilidad a los mismos; razón por la que el CCS resulta aplicable cuando no se cumplen los supuestos establecidos para el CCP (Artusi *et al.*, 2002). Tiene la ventaja de ser una técnica no paramétrica de libre distribución probabilística, los supuestos son menos restrictivos y es robusto a la presencia de *outliers* (Restrepo y Gonzales, 2007). Por otro lado, el número de valores iguales en cada variable, como ocurre en el presente estudio, es grande, por lo que la ecuación definida para la determinación del CCS asume implícitamente la corrección T por este efecto (Siegel y Castellán, 1998), circunstancias que le confieren mayor fiabilidad. Diversos investigadores señalan que a menos que sea excesivo el número de cantidades iguales, la corrección produce diferencias muy pequeñas en el valor de CCS (Barreto, 2011; Morales y Rodríguez, 2016).

Los valores de los CCP y CCS para las mismas variables (Cuadros 1 y 2) son diferentes. Es explicable que así ocurra por cuanto son producto de procedimientos diferentes que usan información diferente, aunque en esencia de una misma ecuación (Camacho, 2008). Ambos coeficientes guardan proporcionalidad en sus valores, en los que se observa que los CCP son relativamente mayores en mayor proporción.

No se registra información científica que determinen CCS cuantificando la magnitud de la relación de variables en características de la fibra en alpacas, así como la orientación de dichas relaciones por este parámetro, lo que inviabiliza contrastes y/o comparaciones, que redundarían en un mejor análisis de resultados. Circunstancia que plantea la disyuntiva ¿Cuál de los dos coeficientes es que mejor fiabilidad confiere al parámetro ρ ? Una decisión técnica basado en teoría estadística orienta a que el CCS es el estadístico más adecuado que estima valores paramétricos de la relación de asociación entre variables vinculadas a las características físicas y textiles de la fibra de alpacas, en las condiciones establecidas en el presente estudio.

Significancia del Coeficiente de Correlación de Spearman

El Cuadro 2 presenta valores de probabilidad de la significancia para los CCS entre caracteres físicos y textiles de la fibra de alpacas de la Región Puno que prueba la hipótesis $H_0: Rho=0$, dado que la H_0 : sea cierta. Se observa que el rango de dichos valores oscila entre 0.000 y 0.644. Muchos de dichos valores asumen valores de 0.000 excepto aquellos que corresponden a las correlaciones entre MDMF-LMECHA (0.644), CDV-FDEC (0.488) y CEM-PFPT (0.128). Se infiere que la mayoría de las correlaciones son significantes, excepto las tres citadas anteriormente, lo cual implica la existencia de una relación funcional lineal o cualquier otro tipo

de función entre caracteres, en diferente magnitud y no debida al azar (Mondragón, 2014). Un comportamiento similar de estos valores es determinado para aquellos que definen la significancia del CCP; sin embargo, los de Spearman son más confiables, debido a la observancia de requerimientos procedimentales para su determinación. No se dispone de referentes científicos que den testimonio del significado y la implicancia de este parámetro, al tiempo que permita ejecutar contrastes.

Intervalos de Confianza para los CCS

Es ostensible que no es práctica común determinar coeficientes de correlación a través de intervalos de confianza. Probar un parámetro de correlación igual a cero no siempre es de interés, consecuentemente un intervalo de confianza puede ser más informativo (Gardner y Altman, 1986; Schmidt, 1996). Los intervalos de confianza en este estudio son diferentes, tanto para los de Pearson y de Spearman. Se evidencia proporcionalidad para cada uno de los coeficientes obtenidos por ambos procedimientos, respectivamente. Es manifiesto que los determinados para el CCS definen intervalos relativamente más estrechos, cuya diferencia promedio fue de 0.020026 que los de Pearson (0.020092), para el mismo tamaño de muestra y nivel de confianza del 95%.

No se dispone de información científica acerca de la estima de CCS por intervalos de confianza en caracteres de fibra de alpacas para caracteres objeto de estudio del presente, que permita el contraste e inferencias.

Por último, los CCP son determinados como complemento en trabajos de investigación de nivel descriptivo, eludiendo la importancia implícita que éstos representan en investigación científica de nivel relacional; a pesar de que el uso del coeficiente de correlación de Pearson es extensísimo, también lo son las incorrecciones y omisiones al momento de emplearlos, las imprecisiones cuando

de verificar sus supuestos se trata, o incluso, la confusión y desinformación a la hora de interpretar los resultados (Kozak *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

- Se determinaron coeficientes de correlación de Pearson y Spearman para pares de caracteres físicos y textiles de la fibra de alpacas que definen el sentido y la magnitud, así como la significancia de la relación funcional lineal entre caracteres. Estos asumen valores muy discrepantes para la misma relación de variables respecto de otros estudios.
- Los valores de los límites de confianza definen el intervalo dentro del cual se encuentran los parámetros de los coeficientes de correlación con un determinado nivel de confianza. Estimados de los coeficientes de correlación por intervalos de confianza no es reportada en estudios sobre caracteres objeto de estudio del presente.
- El mejor procedimiento estadístico que define la relación de asociación lineal entre características físicas y textiles de la fibra de alpacas es el coeficiente de correlación de Spearman, debido a que las características de sus variables, en varios aspectos, así como sus distribuciones conjuntas son menos restrictivos que los del coeficiente de correlación de Pearson. Paradójicamente nunca referido en trabajos de investigación en este contexto.
- Las correlaciones, especialmente la de Pearson, se determinan como complemento en trabajos de investigación de nivel descriptivo, escasamente referidos en investigaciones de nivel relacional.

LITERATURA CITADA

1. **ALT-PNUD. 2001.** Informe final: Determinar la capacidad de carga de los bofedales para la alpaca en el ámbito pe-

- ruano. Proyecto PER/98 G-32. Puno Perú.
2. **Arango S. 2016.** Variación del factor confort en vellones de alpaca Huacaya con relación al sexo y edad. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 56 p.
 3. **Artusi R, Verderio P, Marubine E. 2002.** Bravais-Pearson and Spearman correlation coefficients: meaning, testy of hypothesis and confidence interval. *Int J Biol Marker* 17: 148-151. doi: 10.1177/172460080201700213
 4. **Aruquipa M. 2015.** Evaluación de la calidad de fibra de alpaca Huacaya (*vicugna pacos*) en dos localidades del municipio de Catacora, departamento de La Paz. Tesis de Licenciado en Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia: Univ. Mayor de San Andrés. 138 p.
 5. **Badii MH, Castillo J, Rositas J, Alarcón G. 2007.** Uso de un método de pronóstico en investigación. En: Badii MH, Castillo J (eds). *Técnicas cuantitativas en la investigación*. Monterrey, México: Univ. Autónoma de Nuevo León. p 137-155.
 6. **Barreto RC. 2011.** Introducción a la estadística no paramétrica (Parte III). Prueba de Correlación de Spearman. Universidad Los Ángeles de Chimbote. [Internet]. Disponible en: <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Coeficiente-de-correlaci%C3%B3n-de-Spearman-.pdf> Fecha 25/07/2018
 7. **Boomsma A. 1977.** Comparing approximations of confidence intervals for the product-moment correlation coefficient. *Stat Neerl* 31: 179-186. doi: 10.1111/j.1467-9574.1977.tb00765.x
 8. **Brimms MA, Peterson AD, Gherard SG. 1999.** Introducing the OFDA 2000 for rapid measurement of diameter profile on greasy wool staples. Report N° RWG 04. Western Australia: International Wool Textile Organization.
 9. **Calsín B. 2017.** Determinación del efecto de la variación ecológica y épocas del año en la calidad de fibra de alpacas de la raza suri en los CIPs Chuquibambilla y La Raya. Tesis Doctoral. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 153 p.
 10. **Camacho SJ. 2008.** Asociación entre variables: correlación no paramétrica. *Acta Médica Costarricense* 50: 144-146.
 11. **Díaz P, Fernández P. 2002.** Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal. [Internet]. Disponible en: <https://www.fisterra.com/formacion/metodologia-investigacion/determinacion-tamano-muestral-para-calcular-significacion-coeficiente-correlacion-lineal/>
 12. **Díaz J. 2014.** Principales características de la fibra de alpacas Huacayo y Suri del sector Chocoquilla, Carabaya. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 56 p.
 13. **Flores W. 2017.** Perfil de fibra, Índice de confort e Índice de curvatura en alpacas Huacaya del distrito de Corani-Carabaya. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 101 p.
 14. **Gardner MJ, Altman DG. 1986.** Confidence intervals rather than p-values: estimation rather than hypothesis testing. *Bmj Brit Med J* 292: 746-750. doi: 10.1136/bmj.292.6522.746
 15. **Henríquez RC, Navarro C, Otárola A, Barra B. 2012.** Tamaño de muestra para correlación. En: X Congreso Latinoamericano de Sociedades de Estadística. Córdoba, Argentina.
 16. **Hernández J, Espinoza J, Penaloza M, Díaz E, Bautista M, Riaño M, et al. 2018.** Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: verificación de supuestos mediante un ejemplo aplicado a las ciencias de la salud. *Arch Venez Farmacol Terap* 37(5).

17. **Holt C. 2006.** A survey of the relationships of crimp frequency, micron, character & fibre curvature. A report to the Australian Alpaca Association. Pambula Beach NSW, Australia. 33 p.
18. **Kendall MG, Stuart A. 1961.** The advanced theory of statistics. Vol 2. Inference and relationship. New York: Hafner Publ. 912 p.
19. **Kozak M, Krzanowski W, Tartanus M. 2012.** Use of the correlation coefficient in agricultural sciences: problems, pitfalls and how to deal with them. *An Acad Bras Ciênc* 84: 1147-1156. doi: 10.1590/S0001-37652012000400029
20. **Krishnamoorthy I, Xia Y. 2007.** Inferences on correlation coefficients: one-simple, independent and correlated cases. *J Stat Plan Infer* 137: 2362-2379 doi: 10.1016/j.jspi.2006.08.002
21. **Llactahuamani I, Ampuero E, Cahuana E, Cucho, H. 2020.** Calidad de la fibra de alpacas Huacaya y Suri del plantel de reproductores de Ocongate, Cusco, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 31: e17851. doi: 10.15381/rivep.v31i2.17851
22. **Looney SW. 2015.** A SASR macro for improved correlation coefficient inference. [Internet]. Disponible en: https://www.lexjansen.com/sesug/2015/139_Final_PDF.pdf
23. **Lupton CJ, McColl A, Stobart RH. 2006.** Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. *Small Ruminant Res* 64: 211-224. doi: 10.1016/j.smallrumres.-2005.04.023
24. **Machaca M, Bustinza AV, Corredor AFA, Paucara OV, Quispe PCE, Machaca MR. 2017.** Características de la fibra de alpacas Huacaya de Cotaruse, Apurímac, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 28: 843-851. doi: 10.15381/rivep.v28i4.13889
25. **Manso C. 2011.** Determinación de la calidad de fibra de alpaca en Huancavelica (Perú): Validación de los métodos de muestreo y valoración. España: Universidad Pública de Navarra. 121 p.
26. **Mondragón BMA. 2014.** Uso de la Correlación de Spearman en un estudio de intervención en Fiosterapia. *Mov Cient* 8: 98-104. doi: 10.33881/2011-7191.mct.-08111
27. **Morales P, Rodríguez L. 2016.** Aplicación de los coeficientes de Correlación de Kendall y Spearman. [Internet]. Disponible en: www.postgradovipi-50webs.com/archivos/agrollania/2016/agro8.pdf
28. **Ormachea E. 2013.** Diámetro de fibra, factor de confort e índice de curvatura en alpacas Huacaya de las comunidades de Quelccaya y Chimboya del distrito de Corani - Carabaya - Puno. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 78 p.
29. **Pari E. 2018.** Principales características de finura y correlación según el número de rizos en alpacas reproductores Huacaya. Tesis Médico Veterinario y Zootecnista. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 84 p.
30. **Pariona J. 2014.** Correlaciones fenotípicas entre características productivas y textiles en vellones categorizados de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*) en la cooperativa comunal San Pedro de Racco Pasco- 2013. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Huancayo, Perú: Univ. del Centro del Perú. 116 p.
31. **Pacheco LV, Correa JC. 2013.** Comparación de intervalos de confianza para el coeficiente de Correlación. *Comunicaciones en Estadística* 6: 157-174.
32. **Pérez C. 2002.** Estadística aplicada a través del Excel. 2º ed. España: Ed Prentice Hill. 616 p.
33. **Pearson K. 1896.** Mathematical contributions to the theory of evolution. III. Regression, heredity and panmixia. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci* 187: 253-318.
34. **Quispe EC, Alfonso L, Flores A, Guillen H, Ramos Y. 2009.** Bases para un programa de mejora en la región altoandina de Huancavelica-Perú. *Arch Zootec* 58: 705-716.
35. **Ramos De la Riva V. 2018.** Características fenotípicas de la fibra de alpacas Huacaya en la Región Apurímac. Tesis

- de Segunda Especialidad. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 80 p.
36. **Restrepo BLF, Gonzales LJ. 2007.** De Pearson a Spearman. *Rev Colomb Cienc Pec* 20: 183-192.
 37. **Ruben H. 1966.** Some new result on the distribution of the simple correlation coefficients. *J Roy Stat Soc B Met* 28: 513-525.
 38. **Roque LA, Ormachea E. 2018.** Características productivas y textiles de la fibra en alpacas Huacaya de Puno, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 29: 1325-1334. doi: 10.15381/rivep.v19i4.1411723
 39. **Santabarbara J. 2019.** Cálculo del intervalo de confianza para los coeficientes de correlación mediante sintaxis en SPSS. *REIRE*. doi: 10.1344/reire2019.-12.228245
 40. **Sánchez BA, Borges del Rosal A. 2004.** Transformación Z de Fisher para la determinación de intervalos de confianza del coeficiente de correlación de Pearson. *Psicothema* 17: 148-153.
 41. **Sánchez-Villegas A, Martín-Calvo N, Gil-Conesa M, Martínez-González MA. 2020.** Correlación y Regresión Simple. En: *Bioestadística amigable*. 4° ed. Martínez-Gonzales MA, Sánchez-Villegas A, Toledo Atucha W, Paulín Fajardo J (eds). Barcelona, España: Elsevier. p 269-326.
 42. **Schmidt E. 1996.** Statistical significance testing and cumulative knowledge in psychology: implications for training of researchers. *Psychol Methods* 1: 115-119. doi: 10.1037/1082-989X.1.2.115
 43. **Siegel S, Castellán J. 1998.** Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Cuarta edición, Editorial Trillas, México. 440 p.
 44. **Siguayro R. 2009.** Comparación de las características físicas de las fibras de la llama Ch'aku (*Lama glama*) y la alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) del Centro Experimental Quimsachata del INIA Puno. Tesis de Magister. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 88 p.
 45. **Spearman C. 1904.** The proof and measurement of association between two things. *Am J Psychol* 15: 72-101. doi: 10.2307/1422689
 46. **Stuart A, Ord JK. 1987.** Kendall's advanced theory of statistics. 5th ed. Vol 1. New York: Oxford University Press. 604 p.
 47. **Sun Y, Wong ACM. 2007.** Interval estimation for the normal correlation coefficient. *Stat Probab Lett* 77: 1652-1661.
 48. **Tapia M. 2018.** Características tecnológicas fenotípicas de la fibra de alpacas Suri y Huacaya en las comunidades de Callatomaza y Nequeneque del Distrito de Muñani. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 66 p.
 49. **Ticlla I, Mendoza G, Paucar R, Espinoza M, Paucar Y. 2015.** Correlaciones fenotípicas entre el peso de vellón sucio y los parámetros tecnológicos en fibra de alpacas del Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos – Huancavelica. Tesis de Ingeniero Zootecnista- Trujillo, Perú: Univ. Nacional de Trujillo. 52 p.
 50. **Triola M. 2009.** Estadística. 10° ed. México: Pearson Educación. 904 p.
 51. **Vásquez OR, Gómez-Quispe OE, Quispe PE. 2015.** Características tecnológicas de la fibra blanca de alpaca Huacaya en la zona altoandina de Apurímac. *Rev Inv Vet Perú* 26: 213-222. doi: 10.15381/rivep.v26i2.11020