

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE FIBRAS NATURALES Y TECNOFACTURAS ARQUEOLÓGICAS: IMPLICANCIAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN TEXTIL EN EL PASADO

Resumen

Presentamos los avances alcanzados en el estudio de un aspecto poco explorado desde una mirada arqueológica: las propiedades mecánicas de resistencia a la tracción y elasticidad exhibidas por un conjunto de fibras/filamentos de origen natural (animal y vegetal) e hilados arqueológicos confeccionados sobre las mismas. Dichas muestras se han ensayado a tracción y se han obtenido sus correspondientes curvas de fuerza-deformación.

Los resultados obtenidos son analizados a la luz de una serie de datos y casos de estudio arqueológicos procedentes de dos áreas geográficas bajo análisis: Puna Meridional y Tierras Bajas Orientales, ambas en la República Argentina, Sudamérica.

Pensamos que los datos obtenidos permiten plantear hipótesis exploratorias en relación con las actividades de selección y procesamiento de las fibras, para la producción de tecnofacturas textiles en el pasado. En este sentido, consideramos que los resultados alcanzados durante los ensayos de tracción individual de las fibras otorgan fortaleza a la hipótesis de que el manejo selectivo de estas materias primas, para la producción textil, no respondería sólo a objetivos estéticos y de confort, sino también a la *performance* desempeñada por los distintos tipos de fibras; de acuerdo a la posición particular que ocuparán en la estructura textil o como elementos agregados al tejido; así como en relación al tipo de prenda a confeccionar y al rol que la misma desempeñará.

Esta propuesta asume la existencia de una tradición textil prehispánica basada en la acumulación prolongada de saberes, basados en la experiencia y el aprendizaje continuos, a lo largo de siglos de manipulación de las materias primas textiles.

Palabras clave: Arqueología - República Argentina - producción textil - propiedades mecánicas - fibras naturales

Abstract

We present the advances achieved in the study of an unexplored aspect, from an archaeological point of view: the mechanical properties of strength and elasticity exhibited by

a set of natural fibers/filaments (animal and vegetal) and archeological yarns manufactured on the same materials. These samples have been tensile strength tested and their corresponding force-strain curves have been obtained.

The results obtained are analyzed in the light of a series of archaeological data from two geographical areas under analysis: Southern Puna and Eastern Lowlands, both localized in Argentinean Republic, South America.

We believe that the data obtained are relevant for testing exploratory hypothesis in relation to the selection and processing of fibers for the production of textiles in the past. In this sense, we consider that the results obtained during the tensile strength tests of the fibers, support the hypothesis that the selective handling of the same, for the textile production, would not only respond to aesthetic and comfort objectives, but also to the performance played by the different types of fibers; according to the particular position they will occupy in the textile structure or as elements added to the fabric; as well as in relation to the type of garment to be made and the role it will play.

This proposal assumes the existence of a pre-Hispanic textile tradition based on the prolonged accumulation of knowledge, based on continuous experience and learning, over centuries of manipulation of textile raw materials.

Key words: *Archaeology - Argentinean Republic- textile production - mechanical properties- natural fibers*

1. A Modo de Introducción... Una Mirada Cubista

En nuestra práctica profesional, todo lo que como arqueólog@s decimos acerca del pasado lo enunciamos a partir de un registro material recuperado en el presente, y es por ello que nuestras interpretaciones se apoyan -a múltiples niveles- en la inferencia por analogía; una forma de razonamiento que construye “puentes” entre el pasado por conocer y lo que acerca de él conocemos desde la experiencia actual (Binford 1967; Johnson 2000). Así, es una práctica común el asignar roles a los objetos a partir de sus morfologías y otros atributos observables/medibles que nos parecen “normales” en relación al uso inferido (esto es una vasija y aquello una punta de proyectil). De forma análoga interpretamos rasgos o conjuntos de materiales (un área de sedimento termoalterado asociado a cenizas y a espículas de carbón es interpretado como un fogón; una concentración de desechos líticos es indicador de un área de talla). Y aún más... reflexionamos sobre diversos aspectos sociales de las comunidades estudiadas (por ejemplo, cuando calculamos la densidad de una población en el pasado en base a la estimación de la superficie del área habitacional; o inferimos la existencia de estatus a partir del análisis comparativo de ajuares funerarios); y siempre lo hacemos a partir de analogías sobre lo que conocemos en el presente. Y, aunque en muchos casos se trate de razonamientos que parecen obvios o de deducción directa -casi incluso de sentido común-, el avance en el conocimiento demostró que dichas inferencias siempre requieren de un examen crítico, que nos permita cuestionar si las cosas son realmente lo que nos parecen en una primera lectura de la situación. Y es que de a poco acabamos por “familiarizarnos” con la evidencia material objeto de nuestro estudio, hasta llegar a amoldarla a una serie de parámetros conocidos, que muy pocas veces ponemos en cuestionamiento. Por ello, consideramos que es fundamental plantearnos preguntas claras que guíen nuestros análisis, en pos de poner en juego las metodologías más adecuadas para acceder a las prácticas del pasado. A su vez, debemos permitirnos la posibilidad de recorrer el camino inverso y cuestionar lo que el sentido común nos ha llevado a asumir. Este razonamiento que proponemos es en cierto sentido cubista, en cuanto pretende descomponer la realidad en “múltiples perspectivas”, en un intento por representar al mundo material no por la apariencia cotidiana de las cosas y desde un plano único, sino por lo que de ellas se conoce o se sabe.

Con estas reflexiones en mente, y en el marco de un abordaje de la cadena de producción textil que pretende ser holístico y dinámico (Romano 2012; Romano y López Campeny 2015; López Campeny 2016), nos interesa profundizar aquí en aspectos “ocultos” -o al menos no directamente observables- tras la apariencia macroscópica de estas materialidades, a partir del

estudio de casos arqueológicos. Para ello se concretaron, en primer término, estudios detallados de caracterización de las materias primas utilizadas para la producción textil prehispánica (*ca.* 1500 años AP de antigüedad) en términos de su procedencia (especie), topografía (zona corporal) y tipo de fibra (lanillas/pelos) (Romano 2007a, 2007b, 2016; Reigadas y Romano 2008). Consideramos que estos datos constituyen parámetros relevantes que nos acercan a los criterios de selección en el pasado, en tanto aportan información acerca de las decisiones tomadas por los artesanos, durante el procesamiento de las fibras, para la confección de los hilados y las prendas textiles. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, estos primeros gestos técnicos de la cadena productiva textil quedan “invisibilizados” en el producto terminado si éste no es abordado en profundidad y desde múltiples planos y escalas de análisis (López Campeny y Romano 2015).

En el marco de esta investigación general, interesada en la producción textil del pasado, presentamos en esta ocasión los avances alcanzados en el estudio de un aspecto poco explorado desde una mirada arqueológica: las propiedades mecánicas exhibidas por un conjunto de fibras/filamentos de origen natural; y reflexionamos sobre sus implicancias en los procesos de selección de materias primas y producción de tecnofacturas textiles en el pasado. Específicamente, se analizaron y compararon tres propiedades: 1) la *resistencia* mecánica ofrecida por el material a la rotura física, cuando se le aplica una fuerza progresiva; 2) la *elasticidad*, o propiedad de recuperar su forma y dimensión original cuando cesa de aplicarse la fuerza que la altera y 3) la *ductilidad*, es decir la capacidad de absorber energía y acomodar un estiramiento irreversible antes de fracturarse. Para ello se realizaron una serie de ensayos experimentales -que a continuación detallamos- con el fin de obtener las correspondientes curvas de fuerza-deformación y rotura para distintos tipos de fibras/filamentos naturales. La finalidad fue evaluar las propiedades enunciadas en una muestra integrada por materiales actuales, de origen animal y vegetal, y por hilados arqueológicos. Éstos últimos fueron diferenciados de acuerdo a su composición (especie), función estructural en las telas (urdimbre/trama) y atributos tecnológicos de construcción (diámetro y tensión de torsión).

A continuación, describimos la composición de la muestra analizada y exponemos la metodología aplicada para su estudio. Luego, presentamos los resultados obtenidos a partir de los ensayos experimentales, los que son interpretados posteriormente en relación a casos de estudio arqueológicos. Los mismos se vinculan con problemáticas concretas que han sido delineadas para las dos áreas geográficas (**Figura 1**) cuyas prácticas de producción textil se vienen investigando de forma integrada: Puna Meridional y Tierras Bajas de la República Argentina (López Campeny 2009, *et al.* 2013).

Consideramos que los resultados obtenidos aportan datos significativos en tanto nos permiten analizar las pautas de selección y procesamiento de las fibras en el pasado, en el marco de contextos sociohistóricos y culturales específicos de las comunidades productoras de textiles (Romano y López Campeny 2015).

2. Metodología: Materiales y Métodos

2.1 Acerca de los materiales. Descripción de las muestras ensayadas

El material en análisis incluyó muestras de fibras/filamentos actuales, de origen natural, correspondientes a un total de seis especies (animales y vegetales); y un conjunto conformado por siete hilados arqueológicos, confeccionados sobre algunas de las materias primas ensayadas (Tabla 1 y Figura 2). Sobre este conjunto se efectuaron un total de treinta y cinco (35) ensayos, siguiendo la metodología que se explicita en el siguiente acápite. Al respecto diremos que, si bien la muestra bajo análisis puede considerarse pequeña en lo que respecta a su tamaño, destacamos el carácter inédito de este tipo de estudios en términos de su aplicación al análisis de materiales de naturaleza arqueológica.

Respecto a la conformación de la muestra, las fibras/filamentos comparadas a nivel individual proceden de recolección actual, mientras que las tecnofacturas hiladas corresponden a piezas textiles recuperadas -de forma sistemática y controlada- en contextos arqueológicos donde desarrollamos nuestras investigaciones.

El primer grupo, conformado por fibras y filamentos naturales, puede ser discriminado de acuerdo con el origen o naturaleza de las mismas.

Entre las de origen animal se ensayaron muestras de tres especies de camélidos sudamericanos -dos silvestres (*Vicugna vicugna*, Molina 1782) y (*Lama glama*, Linnaeus 1758) y una doméstica¹ (*Lama guanicoe*, Müller 1776)-; filamentos de “seda” segregados por la oruga de un lepidóptero durante la conformación de la crisálida (*Saturniidae rothschildia*) y muestras de cabello humano adulto.

Las muestras de carácter vegetal ensayadas correspondieron a fibras de algodón (*Gossypium* sp.) y de una bromeliácea característica de la zona nororiental de la Argentina (*Bromelia* sp.).

En el caso de las muestras de origen animal, es importante aclarar que las cuatro especies de camélidos sudamericanos presentan diferencias intra-específicas en la composición de sus

¹ Cabe aclarar que no se incluyeron para el presente abordaje fibras de alpaca (*Vicugna pacos*, Linnaeus 1758), debido a que no se han identificado fibras de esta especie de camélido en los contextos arqueológicos trabajados.

mantos, en términos de la distribución y la frecuencia de aparición de fibras de distintos grosores, así como otros atributos diferenciados (Reigadas 1994, 1995). En cuanto a la variable grosor, la vicuña presenta un bimanto bien definido, compuesto por una alta frecuencia -cerca de 80%- de fibras delgadas (15-26 μ), una total ausencia de fibras intermedias y un bajo porcentaje de pelos gruesos (66-76 μ). Por su parte, para el guanaco disminuyen las frecuencias -hasta 70%- de las fibras delgadas (26-36 μ), las fibras intermedias se encuentran más representadas que en vicuña, y hasta un 20% de sus fibras se corresponden con pelos gruesos (66-110 μ), que además presentan mayores micronajes que en vicuña. Finalmente, en el caso de la llama, se observa ausencia de pelos muy gruesos y fibras muy finas, característicos ambos de las otras especies silvestres. En su lugar, nos encontramos con una homogeneización de las fibras en torno a valores medios (33-66 μ), que además presentan valores excluyentes (46-56 μ) que no coinciden con la lanilla ni los pelos de las especies silvestres (Reigadas 1995, 2000-2002).

La selección de las materias primas para los ensayos tuvo el propósito de conformar una muestra lo más abarcativa posible, en tanto incluyera la más amplia diversidad de fibras de uso textil identificadas en el registro arqueológico de las dos áreas de estudio que involucra nuestra investigación: Puna Meridional, caso Antofagasta de la Sierra, NO de la provincia de Catamarca (Urquiza, Romano y López Campeny 2013; López Campeny *et al.* 2014) y Tierra Bajas orientales (Baños de Añatuya, Llanura de Santiago del Estero) (López Campeny y Taboada 2016). La única excepción a esta condición corresponde a la fibra del lepidóptero (seda silvestre), que no ha sido hasta ahora registrada en contextos arqueológicos prehispánicos, como materia prima textil. Sin embargo, sí se ha documentado su empleo textil, en la actualidad, en el área de estudio. Lo destacable es que esta seda “silvestre” se procesa mediante el empleo de técnicas e instrumental tradicionales, que tienen referentes arqueológicos (p.e. se hila con huso manual y se teje con el telar horizontal prehispánico), y que se conocen prendas de data histórica (siglo XIX) confeccionadas con esta materia prima (Corcuera 2006: 173). La presencia de esta serie de indicadores y reseñas actuales, sumados a un conjunto de referencias históricas, nos ha llevado a considerar que su empleo como recurso textil, en tiempos prehispánicos, es una hipótesis altamente plausible que no podemos descartar por el momento (López Campeny 2011-2012).

Finalmente, el segundo grupo de muestras ensayadas se encuentra conformado por siete hilados que han sido también diferenciados, en primer término, de acuerdo a su composición específica. En este sentido se han ensayado elementos confeccionados en fibras animales (*Lama glama*) y vegetales (*Gossypium* sp. y *Bromelia* sp.). A su vez, los cinco hilados elaborados sobre

la misma materia prima específica (*Lama glama*), han sido discriminados de acuerdo a su función estructural en las telas y a la presencia de ciertos atributos tecnológicos de construcción. En el primer caso (función estructural), se compararon ejemplares correspondientes a elementos de urdimbre y de trama de una misma prenda arqueológica. En el segundo (atributo tecnológico), se ensayaron hilados con distinto grado de tensión, parámetro derivado de la estimación del ángulo de torsión (Emery 2009 [1966]: 11). Al mismo tiempo, en todos estos ejemplares se mantuvo constante el atributo del tipo de torsión (2zS), que corresponde a la retorsión conjunta o repliegue hacia la derecha (S), de dos cabos con hebras torsionadas inicialmente a la izquierda (Z).

Consideramos que los resultados obtenidos a partir de las experiencias realizadas sobre el primer subconjunto de la muestra, es decir, el comportamiento exhibido por las fibras/filamentos naturales sometidos a tensión, son útiles en el planteo de hipótesis exploratorias, así como en la interpretación de ciertos atributos tecnológicos presentados por el segundo subconjunto, o grupo de hilados.

2.2 Métodos e instrumental

Las fibras individuales y los cordones se ensayaron a tracción para determinar sus propiedades mecánicas. Para ello se sometieron a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produjo su rotura. Durante el ensayo se midieron simultáneamente, y en cada instante, la fuerza aplicada F y la longitud de la muestra L .

Dado el pequeño diámetro de algunas fibras, para evitar su dañado accidental durante la manipulación, cada muestra se pegó con un adhesivo de cianocrilato a un marco rectangular de plástico, dejando una longitud libre de 10mm. Tras fijar los extremos superior e inferior del marco a las mordazas de la máquina de ensayos (Instron 4411), se cortaron sus bordes laterales de tal forma que toda la fuerza se transmitiera a través de la fibra. La fuerza se midió con una célula de carga de 50N con una resolución de 5mN (Instron 2530-437), o con una célula más precisa para las fibras de menor diámetro, de 100mN y con una resolución de 0.1mN (HBM 1-Q11). La longitud instantánea de las muestras se midió con un extensómetro óptico (Keyence, LS7500) cuya resolución es 1 μm . Los ensayos se realizaron a 20°C y 35% de humedad relativa, a una velocidad de extensión de 0.1 mm/min, que corresponde a una velocidad de deformación de $1.7 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

Para las muestras homogéneas, en las que se pudo medir su diámetro mediante un microscopio óptico (fibras individuales, muestras 1, 2, 3, 4, 5, 12, 14 y 15) se calculó la curva

tensión-deformación que permite estudiar las propiedades de los materiales con independencia de la geometría de la muestra.

La tensión σ se obtuvo dividiendo la fuerza por el área de la sección transversal de la fibra $\sigma = F/A$, siendo $A = \pi D^2/4$ y D el diámetro medido.

La deformación ε en un instante dado se obtuvo dividiendo el incremento de longitud $L-L_0$ por la longitud inicial L_0 , $\varepsilon = (L-L_0)/L_0$.

En el caso de los cordeles (muestras 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 13), en los que la torsión impidió determinar su sección transversal neta, se ha calculado su resistencia por unidad de masa lineal². Para ello se midió la densidad lineal de cada muestra, λ , dividiendo su peso por su longitud, y se calculó la fuerza específica $F_m = F/\lambda$. La fuerza específica se ha expresado en newtons por denier (N/denier). El denier es una unidad de densidad lineal propia de la industria textil, definida como la masa en gramos de 9.000 metros de fibra (1denier = $1.11 \cdot 10^{-7}$ Kg/m).

Para poder comparar los resultados de las fibras individuales y los cordones se han estimado las curvas tensión-deformación de estos últimos suponiendo una densidad promedio de $\rho^* = 1.12 \text{ g/cm}^3$. De este modo, a partir de la densidad lineal obtenida λ podemos estimar el área transversal neta aparente $A^* = \lambda / \rho^*$ y con ella calcular la tensión aparente del cordón $\sigma^* = F/A^*$.

La deformación de los cordones se obtuvo de la misma forma que con las fibras individuales, dividiendo su alargamiento $(L-L_0)$ entre la longitud inicial L_0 , $\varepsilon = (L-L_0)/L_0$.

Finalmente, diremos que los parámetros considerados en el análisis fueron:

Tensión de rotura (σ_R): también llamada resistencia a la tracción, es la máxima tensión que puede soportar el material hasta que se produce la rotura física. Gráficamente está representada por el punto más elevado de la curva de tensión-deformación (punto de rotura) e indica el final del comportamiento estable del material.

Deformación de rotura (ε_R): es el valor de la deformación correspondiente al punto de rotura (σ_R , ε_R).

Energía específica de rotura (W_R): Es la energía por unidad de volumen empleada en lograr la rotura del material. Se expresa en unidades de energía por volumen, y gráficamente corresponde al área comprendida bajo la curva de tensión-deformación desde su origen hasta el punto de rotura.

² Es importante notar que el diámetro medido, en el caso de los hilados, es el *diámetro aparente* del cordel, es decir, la medida resultante de la envolvente de los hilos torsionados en el elemento textil. El *diámetro aparente* incluye, por tanto, materia (fibras hiladas) y aire, y no es por ello una medida real de la cantidad de material que está resistiendo.

Módulo de elasticidad (E): es la pendiente inicial de la curva tensión-deformación y da idea de la flexibilidad o rigidez del material. Como la deformación es una variable adimensional, el módulo de elasticidad se expresa en las mismas unidades que la tensión (unidades de fuerza por unidad de área).

Sintetizamos a continuación los resultados obtenidos a partir de los ensayos y las principales observaciones que se desprenden de los mismos.

3. Resultados de los Ensayos de Tensión... *No todo es lo que aparenta*

La **Tabla 2** y las **Figuras 3 y 4** presentan los resultados obtenidos a partir de los ensayos de tracción realizados a nivel de fibra individual.

La primera observación que se desprende de los resultados de los ensayos, en términos de la propiedad de resistencia (**Figura 5**), es que la materia prima que presenta los valores más altos de tensión de rotura es la lanilla de vicuña (VL), seguida por valores relativamente altos para la seda de lepidóptero (SE). En el otro extremo de la gráfica se posicionan, con los valores más bajos de resistencia, el pelo (GP) y la lanilla de guanaco (GL) y el pelo de vicuña (VP). Es decir, que dos de las fibras de mayor diámetro del conjunto -la porción gruesa o pelo del bimanto en ambos camélidos silvestres- son las que presentan la menor resistencia a la rotura dentro del conjunto ensayado, a igual unidad de área. En cuanto a las restantes muestras, el tercer lugar en términos de resistencia corresponde al cabello humano (CH), seguido por la fibra intermedia de llama (LL) y el algodón (AL). En cuanto a estas dos últimas (LL y AL) podemos señalar que sus valores de resistencia no presentan una diferencia que sea estadísticamente significativa, por lo que pueden considerarse como equivalentes en términos de esta propiedad mecánica.

En términos de los módulos de elasticidad (E) presentados por los materiales ensayados (**Figura 6**), observamos que VL y AL presentan los valores más altos de rigidez, con umbrales similares para SE. Estas tres fibras exhiben valores cuya diferencia no es estadísticamente significativa, así que pueden considerarse como similares en cuanto a su grado de flexibilidad. Son las que, entre el conjunto total de las fibras ensayadas, presentan una menor deformación o estiramiento en la zona inicial o elástica de la curva. Sin embargo, no podemos dejar de señalar que AL presenta un rango de variación muy grande, dado por un error estándar elevado, si tenemos en cuenta las magnitudes consideradas, por lo que es difícil evaluar su comportamiento. Por otro lado, la porción pelo de las dos especies silvestres de camélido (GP y VP) corresponden a las fibras más reformables, o más flexibles, ya que tienen menor E. Estas fibras de mayor grosor son las que tienen más capacidad de deformación (elástica).

En base a estos resultados, otra de las observaciones que se desprenden del análisis comparativo es que los dos tipos de fibras que componen el bimanto de las especies silvestres -pelo y lanilla- exhiben comportamientos claramente diferentes en lo que respecta a las propiedades de resistencia y capacidad de deformación. Los pelos exhiben mucha menos resistencia a la rotura por tensión y más capacidad de deformación elástica inicial que las lanillas o porción fina. Consideramos que este comportamiento diferencial a la tensión puede ser explicado, al menos en parte, por diferencias en la estructura interna de las fibras, según se trate de lanillas o pelos. En este sentido, los pelos gruesos presentan, en su mayoría, un canal central de aire, llamado médula (Figura 7). Para el caso de los pelos de vicuña y guanaco esta médula ocupa casi todo el ancho de la fibra, mientras que está ausente, o su distribución es menor, en las lanillas (Reigadas 1995). Ahora bien, la presencia de este canal de aire central parece ser el responsable de una menor resistencia a la tensión de los pelos que las lanillas, no obstante, es un excelente aislante térmico, con una mínima conductiva eléctrica, características que se trasladan a las prendas confeccionadas con estas fibras (Quispe *et al.* 2009; 2013).

Por otra parte, el pelo de los camélidos silvestres y el cabello humano, a pesar de tener ambos una composición química y un diámetro similares (con los registros más altos de la muestra), exhiben diferencias en sus propiedades mecánicas. Observamos que el segundo (CH) presenta -en comparación con los dos primeros- una mayor resistencia a la rotura por tensión, a la vez que exhibe una menor deformación inicial, por lo que -en términos relativos- el cabello humano puede considerarse un material bastante más resistente y menos elástico que el pelo grueso de los camélidos silvestres. También en este caso pensamos que la diferencia de propiedades puede ser explicada por la ausencia o un menor desarrollo de la médula en el cabello humano, en relación a los pelos de camélidos silvestres.

Por otra parte, se observa que algunas materias primas con diferente grosor promedio y de distinto origen (animal y vegetal) y, por ende, diferente composición (queratina y celulosa), muestran valores de resistencia y flexibilidad equivalentes. Este es el caso de la fibra de llama y la del algodón. A la inversa, es posible concluir que ejemplares de origen, composición y diámetro similares, como es el caso de las fibras secundarias (lanillas) de las dos especies de camélidos silvestres ensayadas (GL y VL), muestran comportamientos diferentes durante los experimentos, en lo que respecta a las propiedades de resistencia y capacidad de deformación.

Dejamos por el momento planteadas estas observaciones generales que se desprenden de los resultados de los ensayos de las fibras individuales. Luego serán retomadas al analizar los casos de estudio arqueológicos y discutiremos entonces sus implicancias en términos de una serie de aspectos relacionados con la producción textil.

En cuanto a la segunda submuestra ensayada, los hilados, **la Tabla 3 y la Figura 8** sintetizan los resultados alcanzados. En este sentido, no podemos estimar de forma precisa el rol que pudo jugar el estado de conservación de las fibras arqueológicas, ante el paso del tiempo, en los resultados de los ensayos. Asimismo, a los factores postdepositacionales que determinaron el estado final de conservación de los hilados, debemos sumar el hecho de que dichos cordeles formaron parte de prendas; por lo que en el pasado fueron manipulados, montados y tejidos en el telar y luego las piezas estuvieron sometidas a un uso cotidiano; todas acciones que seguramente impactaron en su estado original de resistencia. Por otro lado, a diferencia de las muestras de fibras individuales, en el caso de los hilados se trató de ensayos únicos, por lo que no fue posible determinar tendencias y/o desviaciones estándares a partir de un cierto número de casos. Es por ello que advertimos que estos datos deben ser considerados de forma muy preliminar y tentativa, en tanto se puedan a futuro profundizar dichos estudios, ampliando la muestra arqueológica sometida a ensayo.

Los primeros tres casos comparados corresponden a dos elementos de urdimbre (M6 y M7) y uno de trama (M8) que coinciden en la materia prima soporte (LL) y en su estructura de torsión (2zS). El diámetro aparente es el mismo para los dos primeros elementos (1 mm) y levemente mayor para el de trama (1,5 mm), lo que suele ser una diferencia tecnológica estructural recurrente, como veremos a continuación. En cuanto a los resultados observados, podemos decir que en uno de los casos (M6) sí se observa una mayor resistencia del elemento de urdimbre por sobre la trama (M8), mientras que el restante hilado de urdimbre (M7) muestra un valor menor que M8. A continuación, las dos muestras ensayadas (M9 y M10) corresponden a dos hilados, también de fibra de llama, con idéntica estructura de torsión (2z S) y diámetro aparente (2,5 mm). La diferencia entre ellos reside en que presentan diferentes ángulos de torsión. En este caso se observa una mayor resistencia del hilado que presenta un ángulo de torsión mayor, es decir, el más ajustado, lo que coincide con las previsiones realizadas en términos de diferencias de tensión. Esto es además consistente con un área transversal de material resistente mucho menor en M9 que M10, lo que significa que, a pesar de mostrar un diámetro aparente similar, las fibras están en realidad más compactadas (ajustadas) en el primer elemento. Finalmente, si incluimos las dos últimas muestras de hilados (M11 y M13), es posible comparar los ejemplares en términos de la materia prima soporte. Lo que observamos a partir de los ensayos es que la mayor resistencia a la tracción está dada para el cordel vegetal de bromeliácea (BR), con un valor que duplica a los que se obtienen para los confeccionados en fibra de llama (LL). El hilado de algodón (AL), por su parte, muestra la menor resistencia, con un valor menor a la mitad que los que corresponden a los de llama. Esto es llamativo, si tenemos

en cuenta que en el caso de los ensayos individuales ambas fibras habían mostrado valores estadísticamente similares de resistencia; por lo que pensamos que es posible que en éste primer elemento (AL) hayan influido condiciones más desfavorables de conservación, tanto en el contexto de depositación, como en el de su uso previo.

A continuación, interpretamos los resultados obtenidos a la luz del análisis de casos arqueológicos correspondientes a las dos áreas bajo estudio.

4. Casos de Estudio Arqueológicos: de la Puna y las Tierras Bajas.

4.1 Aspectos estructurales... *no siempre el hilo se corta por lo más delgado*

La recopilación de información oral entre artesanos textiles del NO de Argentina parece mostrar ciertas pautas de diferenciación de los hilados según sea la función estructural que van a desempeñar en la prenda elaborada en un telar. Así, por ejemplo, en la puna de Jujuy (Casa Colorada) se menciona que se hilan fibras de la pata de la llama para hacer la *saya* (urdimbre), porque “es más dura y fuerte” y del lomo para hacer *mini* (trama), porque es más suave (Rolandi de Perrot y Jiménez de Pupareli 1983-1985: 225). También se releva que para las frazadas “la urdimbre tiene que estar torcida y la trama no tanto”. Y en el caso particular de los peleros, para la trama se utiliza hilo de oveja *mismido*, mientras que el hilo torsionado con el huso, se emplea para la urdimbre (*ibíd.*: 226). Aquí la distinción obedecería a que el hilo *mismido*, es decir torsionado con un palo o *mismina*, es un producto más grueso y con una tensión de torsión no tan elevada (“el torcido no es tan fuerte”), en comparación con el hilado obtenido con el huso, que resulta más delgado y ajustado. También entre tejedoras del área valliserrana del NOA se registran diferencias de tensión de torsión y de grosor según la función estructural del hilo; siendo “menos tensos” para la trama y “más finito” y “más tenso” si se trata de hilo para la urdimbre (Teves 2011: 137). Un ejemplo en extremo clarificador es el testimonio de una artesana de Susques (Jujuy), registrado por Reigadas (1996: 116), que refiere que “en telar las fibras de peor calidad pasan a conformar la trama, dejando las mejores para la urdimbre.”

Recapitulando, de forma sintética y de acuerdo a los testimonios de los propios artesanos, podemos decir que los atributos tecnológicos que diferenciarían a los hilados que se usarán para tejer en el telar, según su función estructural son: el tipo de fibra utilizada (“dura” o “suave”), lo que dependerá de la procedencia del vellón en la topografía del animal; el grado de tensión/torsión logrado (“más torcido” o “flojo”) y el diámetro (“fino” o “grueso”).

Si ahora trasladamos esta situación al pasado, el análisis técnico estructural de textiles procedentes de contextos funerarios de Antofagasta de la Sierra (sitio Punta de la Peña 9, *ca.*

1500 años AP) permitió concluir que -en todos los casos considerados de prendas en faz de urdimbre- fue posible distinguir a los hilados de urdimbre de los de trama por diferencias de diámetro aparente y de tensión de torsión³. Así, considerando los elementos estructurales de una misma pieza, los hilos de urdimbre presentan siempre un diámetro aparente menor y una tensión de torsión mayor que los hilados utilizados como trama (López Campeny 2000). Por ende, podemos decir que estos resultados muestran una alta correspondencia con la información oral recopilada entre tejedores actuales, en tanto el diámetro aparente y el grado de tensión de los hilados se vuelven atributos importantes para la diferenciación de los elementos estructurales del textil.

De manera complementaria, los datos desprendidos a partir de los análisis microscópicos de las fibras, muestran diferencias en la conformación de estos hilados arqueológicos, según se trate de elementos de urdimbre o de trama (Romano 2012, 2016). En cuanto a las identificaciones taxonómicas, la materia prima textil dominante en la muestra de prendas (integrada por piezas de vestimenta y contenedores) es *Camelidae*, más precisamente llama. Fibras de guanaco y vicuña se han identificado en algunos hilados, pero en forma claramente minoritaria. Es decir que se observa una clara predominancia del uso de fibras del taxón doméstico. En lo que respecta a las tendencias por rangos de grosor, de acuerdo a la función estructural del hilado, notamos que los elementos de urdimbre exhiben siempre una proporción mayoritaria (70 a 80%) de fibras muy delgadas (16 a 31 μ), con ausencia de pelos gruesos. Los elementos de trama muestran, en cambio, proporciones más equilibradas (hasta un 45%) o un predominio mayoritario (hasta un 80%), de fibras de grosor intermedio (31 a 66 μ), respecto de las fibras finas. Estas diferencias se observan claramente en las medias aritméticas de la variable grosor en las que las urdimbres rara vez superan un valor de 31 μ , y cuando lo hacen es en el caso de hilados gruesos específicos (*mishmido*)⁴. En tanto que, para los elementos de trama, tenemos medias aritméticas que exceden los 38 μ (Romano 2016).

Estos resultados muestran un procesamiento previo de la materia prima que implicó una alta selección de las fibras utilizadas para la confección de las urdimbres, con descarte de gran parte de las fibras intermedias, que son la proporción naturalmente mayoritaria del manto en llama y su posterior “composición” o agregado de un alto porcentaje de fibras finas (lanillas)

³ La tensión de torsión se determinó en base a la estimación del ángulo de torsión y a la relación entre diámetro máximo y número de torsiones por unidad de medida del hilado (Emery 2009 [1966]: 11; Hurley 1979: 5-6).

⁴ Como ejemplo, podemos mencionar el caso de un *unku* o túnica andina (textil N°203), de aspecto “mullido o felpudo”, que presenta un alto porcentaje de pelos como materia prima en los elementos de urdimbres, lo cual podría ser explicado por la capacidad de aislante térmico que exhiben este tipo de fibras, debido a la presencia de médula ocupada por aire.

del pelaje. En los elementos de trama se observa también una selección de las fibras, pero con una distribución donde se destacan las fibras intermedias, lo que implicaría una menor manipulación de los vellones naturales. Y, en ambos casos, se evidencian procedimientos de “desmote” de los vellones previo a su hilado, con retiro de las fibras más gruesas (pelos), para confeccionar los hilados destinados a los tejidos en telar, sean de trama o urdimbre.

Todos estos procedimientos de selección, con retiro de las fibras más gruesas o pelos, podrían explicarse en términos de lograr un mayor confort (mayor suavidad o menor “picazón”) y una cierta estética en la terminación (una apariencia más “fina”) en las prendas de vestimenta y en otras piezas que se elaboran en el telar. Sin embargo, creemos que esto no responde por completo a la pregunta de a qué obedecen las diferencias tan marcadas en la composición de ambos elementos que conforman estos tejidos: urdimbres vs tramas, en lo que respecta a la proporción diferencial de fibras más finas. Y al respecto, la hipótesis más plausible que proponemos para explicar estas diferencias composicionales plantea una producción textil especializada en la confección de hilados de urdimbre más resistentes a la tracción, debido a que estos elementos deben sufrir una tensión permanente al ser estirados para su montaje en el telar y luego deben resistir los roces producidos por las sucesivas pasadas de trama. Pero carecíamos -hasta ahora- de datos empíricos al respecto, es decir, de ensayos que demostraran si el tipo de fibra usada (según grosor) y la diferencia de aparente y de tensión de torsión logradas, influían en la resistencia diferencial de los hilados. Sobre esto, no podemos menos que destacar que los resultados de los ensayos a nivel individual de fibra muestran mayores valores de resistencia a la tracción por parte de las lanillas o fibras muy finas por sobre los pelos gruesos; y son justamente éstas fibras más delgadas las que predominan en la composición de los hilados de urdimbres. Asimismo, este tipo de fibras presentan una menor deformación o estiramiento en la zona inicial o elástica de la curva. De este modo, creemos que los ensayos de resistencia apoyarían nuestra propuesta de que la selección de las lanillas por sobre los pelos gruesos e intermedios de llama no sólo podría responder a aspectos estéticos y de confort a la hora de elaborar las prendas de vestimenta, sino también a sus cualidades de mayor resistencia y menor deformación a la tensión.

En el caso de los ensayos sobre cordeles, ya expusimos que el hilado con mayor ángulo de torsión (M9) mostró una resistencia levemente mayor que el que presentaba una tensión más floja (M10) o ángulo menor. Y en cuanto al atributo reiterado del diámetro aparente menor de las urdimbres con respecto a las tramas, es posible que ésta variable esté determinada fundamentalmente por la técnica empleada: faz/reps de urdimbre. Por ello, para que este grupo de elementos tenga mayor densidad por unidad de superficie y oculte por completo al elemento

trama, es adecuado que los hilados sean más delgados. A su vez, esta densidad diferencial es la que lograría una mayor resistencia a la tracción por urdimbre, potenciándose la resistencia individual de los elementos por su mayor cantidad por unidad de superficie (Galcerán Escobet 1960).

Finalmente, se analizaron al microscopio óptico las variables relacionadas con la médula -índice de medulación (IM)⁵ y porcentaje de medulación total (PMT)⁶- que informan sobre la procedencia topográfica de las fibras (Romano 2016). En este sentido, la muestra en su totalidad exhibe IM bajos de 0,1 a 0,5; valores que son coincidentes con los registrados para todas las regiones corporales del taxón llama, y sectores topográficos específicos en guanacos/vicuñas, como ser el lomo (Reigadas 1995). Por otra parte, no se registraron valores altos de PMT (80 a 100%), característicos de las fibras provenientes de las patas de los camélidos; por lo que pareciera dominante en la muestra el uso de fibras de la región del lomo y panza de los camélidos⁷. Esto quiere decir que, por un lado, si bien no se observa una selección pautada de las fibras según la región de procedencia del camélido que esté discriminada de acuerdo a la función estructural de los hilados -como mencionaban algunos testimonios actuales-, esta diferenciación si se ha comprobado de forma indudable para la variable grosor. Por otra parte, no podemos dejar de señalar que las fibras correspondientes a la región de las patas no han sido utilizadas en ningún caso para la confección de hilados que formaron parte de las prendas confeccionadas en telar. Profundizaremos sobre esta particularidad de la selección de fibras en el siguiente acápite.

4.2 Aspectos funcionales... *nada se pierde, todo se transforma*

Como anticipamos, la estética y el confort son dos aspectos que no pueden ser pasados por alto a la hora de interpretar las decisiones que tomarán los artesanos textiles, respecto de la selección de las fibras que se usarán para elaborar distintas tecnofacturas. Así nos lo expresaba Doña Pabla Condorí, artesana tejedora de Antofagasta de la Sierra:

⁵ El IM es el grado o porción de la fibra que está afectada por la médula. Corresponde al cociente entre el diámetro de la médula y el grosor total de la fibra y sus valores oscilan entre 0.1 y 0.9.

⁶ El PMT describe la proporción, en términos porcentuales, de fibras que presentan médula, con respecto a las que carecen de ella, para el total de la muestra considerada.

⁷ Esto es algo que también ha sido registrado por Reigadas (1996: 115) entre artesanos de la Puna de Susques (Jujuy). La autora registra que, para los tejidos de punto y telar, “*se emplean fibras del lomo, se compone la lana por cina y desmote y las fibras obtenidas son las secundarias, más delgadas, que conforman la lanilla o manto inferior.*”

“Y para limpiar la fibra al componerlo saco todo lo que no sirve, la motita, todo lo que está quemado con el sol, le saco todo... Sí, los pelitos más gruesos, y bueno para afinarlos y dejarlos más suaves y lindo digamos. Para la ropa más suave.” (Antofagasta de la Sierra, Febrero de 2013)⁸

Así, cuando se trata de un hilado que está destinado a la confección en el telar, de prendas de vestir, los pelos gruesos del manto, o pelos de guarda, se retiran por motivos que pueden relacionarse al confort de uso (“más suave”) y a la estética (“más lindo”).

Doña Isabel Salva, otra artesana local, expresaba algo similar ante nuestra consulta sobre cómo prepara las fibras para hilar:

“Sí, saco todo, lo que está duro como esas cosas y recién lo trabajo, hago el hilo.” (Antofagasta de la Sierra, Febrero de 2013).

En una primera lectura de los testimonios, parecería que toda esta fibra “gruesa y dura” conforma material de descarte, lo cual es real si nos referimos a la producción textil destinada a la confección de hilados para la vestimenta y ciertas prendas que se elaborarán en el telar. Esto ha sido además comprobado a partir del análisis microscópico de las piezas arqueológicas, como mencionamos. Sin embargo, cuando profundizamos un poco más en la charla, surgen algunas respuestas sobre el uso en el pasado, y en algunos casos aún en el presente, de esta porción “gruesa” del manto de la llama.

Así una artesana local nos dice *“Eso sería lo que ya se descarta porque anteriormente se usaba para torcer, para sogas...”* A lo que Isabel Salva reafirma: *“Para sogas, cosas gruesas digamos.”* (...) *de las garras que decimos nosotros porque es duro (...) eso le puede servir para soga.* Y luego otra señora aporta: *Por eso se usa para soga, que es como que la cerda de la lana es tan fin y firme que resiste.* Acota Isabel Salva: *“Que resiste mucho más que la lana blanda que se dice.”* (Antofagasta de la Sierra, Febrero de 2013)

⁸ Este extracto y los siguientes corresponden a una serie de entrevistas realizadas por los dos primeros autores (S.L.C. y A.R.), en el marco del Proyecto PRÉST. BID-PICT (2011) 241 -coordinado por la primera- durante la XXII Feria Ganadera y Artesanal de la Puna, edición 2013 (Antofagasta de La Sierra, Catamarca, Argentina). La transcripción literal de los audios (desgrabaciones) fue efectuada por la Aql. M. Soledad Martínez (IAM-ISES), investigadora integrante del proyecto citado.

Datos similares son recabados por Reigadas (1996: 115) para la Puna septentrional, donde para la elaboración de sogas se emplean vellones del bordel del animal (panza, cogote, patas y garras). Para ello se retiran las fibras primarias que conforman el manto superior de mayor grosor (cina o cerda) y se la mezcla con vellones completos de las mismas zonas (componer la lana). Ahora bien, ¿qué nos dicen los datos arqueológicos al respecto de estas prácticas de selección de las fibras para elaborar estos artefactos particulares?

Se analizaron las fibras que componen un conjunto de cuerdas (artefactos que presentan retorsión de múltiples cabos hilados) y sogas (elementos trenzados) que integran la muestra de piezas textiles de Antofagasta de la Sierra (sitio Punta de la Peña 9, *ca.* 1500 años AP), claramente diferenciadas -por su morfología y estructura- de los hilados que conforman las piezas de telar (Romano 2016). Los resultados mostraron que, en cuanto a su composición -y a diferencia de lo que se observó en la muestra de piezas de telar- los taxones de camélidos silvestres son los que han tenido un destino mayoritario en la confección de esta cordelería específica. También en cuanto a la variable grosor, y al tipo de fibras utilizadas, podemos decir que estas tecnofacturas muestran una situación muy distinta a la observada en el caso de los tejidos a telar. Esto es debido a que en estos casos se registra una ausencia o bajos porcentajes (hasta un 15%, con un solo caso que llega a 25%) de fibras delgadas o “lanillas” (20 a 30 μ). Por su parte, las fibras intermedias (32 a 62 μ) son las más representadas con porcentajes que van desde un 70 a un 100% del total de fibras. Por último, los pelos gruesos tienen en general una baja representación (0 a 5 %) salvo en un único caso en el que conforman el 90% del total de observaciones, con grosores comprendidos entre 60 a 115 μ (con medias en torno a las 88 μ) lo que, sumado a su coloración marrón rojiza, permite identificar la presencia de guanaco. En cuanto a los IM y PMT, los mismos corresponden, si nos apoyamos en los datos de camélidos actuales, a fibras un 100% meduladas, las cuales están presentes en el sector de las patas del animal.

En base a estos resultados podemos concluir que para la elaboración de cordelería con fines específicos -cuerdas y sogas para amarre y/o transporte- se evidencia la práctica de “componer la lana”, mayoritariamente, con las fibras intermedias y, en menor proporción, pelos gruesos, pero siempre con fibras de la región de las patas. Es decir que también se observan diferencias con las piezas de vestimenta confeccionadas en telar, en lo que respecta a la procedencia topográfica de las fibras. Por ende, lo empleado para confeccionar esta cordelería, correspondería a la porción producto de descarte del desmote de vellones los que, su vez, son destinados a la elaboración de hilados para tejer en telar.

Ahora bien, a diferencia de lo que el discurso actual y el sentido común expresan, estos pelos gruesos del manto (la “cerda”) muestran, durante los ensayos de tracción, una menor resistencia a la rotura que las fibras delgadas (lanilla); a la vez que se presentan como más flexibles o deformables en la porción inicial de la curva. Sin embargo, los datos arqueológicos muestran que esta porción del manto se usó en el pasado para elaborar cuerdas y sogas (aunque sólo en un caso en porcentajes mayoritarios), y los testimonios actuales afirman que se sigue destinando para la confección de piezas que deben resistir esfuerzos y una tensión permanente. Decía Isabel Salva:

“...de las garras que decidimos nosotros porque es duro y no se lo puede hacer... todo eso lo utiliza mi marido principalmente para urdimbre de pelero” (Antofagasta de la Sierra, Febrero de 2013)

Aquí vuelve a enfatizarse el hecho de que la urdimbre debe ser un elemento particularmente resistente. Sin embargo, no se refiere aquí a una prenda de vestimenta, y la misma se confecciona en bastidor, por lo que se explicaría la diferencia con los patrones de composición que hemos registrado en los materiales arqueológicos; donde no se registran pelos gruesos conformando las urdimbres de los tejidos a telar.

La interpretación que proponemos para este empleo particular de la porción intermedia y más “gruesa” de la fibra del bordel, es que esta menor resistencia relativa de la fibra individual -a igual unidad de medida- estaría contrarrestada por la cohesión que presentan las estructuras textiles particulares de las que fibras intermedias y pelos gruesos forman parte en cuerdas y sogas. Y es que estas tecnofacturas presentan, en el primer caso, múltiples elementos o cabos con retorsión conjunta, lo que les otorga un elevado grosor final, potenciándose la resistencia individual de los elementos por su mayor cantidad por unidad de superficie. En el segundo caso, las sogas presentan una estructura de mayor coherencia que la retorsión, como son los trenzados⁹. No podemos por ello, en este caso, plantear que el empleo preferente de fibras intermedias y de pelos gruesos de la zona de las patas, para elaborar material que debe resistir tensiones permanentes constituya una decisión que tenga un fundamento empírico en una mayor resistencia individual de este tipo particular de fibra. De todos modos, es importante resaltar que la porción de pelos gruesos tampoco es mayoritaria, salvo en un solo caso de los casos de cordelería gruesa analizados. Por ello interpretamos, por sobre todo, que este empleo

⁹ Se trata del entrelazamiento o cruce alternado, sobre y bajo otro hilado -siempre en ángulos oblicuos- de los múltiples elementos, lo que produce la fortaleza de la unión (Emery 2009 [1966]).

especializado y diferencial de los distintos tipos de fibra que proporciona el manto de las especies domésticas y silvestres de los camélidos, discriminado por su grosor según los distintos tipos de tecnofacturas que contituirán, respondería a un manejo integral u óptimo -con casi nulo o mínimo descarte- de la materia prima disponible para la producción textil.

4.3 El instrumental para el hilado... *el verdadero peso de las decisiones*

Cuando comenzamos nuestros estudios sobre la producción textil prehispánica en el área de Tierras Bajas del NO de Argentina (llanura de Santiago del Estero) nos enfrentamos con diversos condicionantes de tipo teóricos, ambientales y metodológicos. En cuanto a los dos últimos, en un ambiente marcadamente cálido y húmedo, la naturaleza perecedera de las fibras textiles conducía a un análisis basado principalmente en distintos tipos de evidencias indirectas (López Campeny 2010, 2016).

Por ello los análisis se centraron, inicialmente, en el estudio de un elevado conjunto instrumental textil, procedente de los sitios arqueológicos locales. El foco de nuestros análisis ha estado puesto en el estudio de los pesos de hilar -torteros o *muyunas*¹⁰ como son conocidos localmente estos artefactos- que forman parte del huso de mano; instrumento compuesto, empleado para el hilado manual (Figura 9). Para ello, comenzamos por sistematizar un cúmulo de información dispersa, de distinta naturaleza (histórica, etnográfica y arqueológica), con el fin de evaluar críticamente la información disponible, en relación con las variables y factores involucrados en la producción de hilados cuando ésta incluye el empleo de huso con contrapeso (López Campeny 2011-2012). Interesaba poder identificar cuáles aspectos productivos estaban vinculados con la variabilidad tecno-morfológica exhibida por los torteros (en especial su peso, dimensiones generales, diámetro del orificio, etc.).

Una de las primeras conclusiones que se desprendió de la información éditada relevada entonces, y que se complementó posteriormente con la serie de entrevistas efectuadas en el marco de proyectos de investigación propios, fue la probable existencia de una relación entre el tamaño y peso de los torteros y la naturaleza de la fibra hilada. Así, por ejemplo, una artesana de Antofagasta de la Sierra nos decía que:

“Si es muy blandito el hilo y una muyuna pesada se corta el hilo. Y a continuación especifica: “...la muyuna que usan para hilar la vicuña [en Belén] es muy finita muy delicada,

¹⁰ *Muyu* en voz quichua significa “redondo, circular” y, en relación, *muyuna* “girar, dar vueltas”. Diccionario Quechua - Español: <https://www.perou.org/dico/view.php?lg=es&lg1=ke&lg2=es&opt=111110&pg=m>.

encima es como un hilo de coser la vicuña... tiene mucho que ver el tema del peso de la muyuna” (Antofagasta de la Sierra, Febrero de 2013).

De igual modo, una serie de fuentes escritas mencionaban el empleo de torteros de mayor peso y tamaño para hilar fibra animal (“lana”) que para torsionar las hebras más finas del algodón; generalización en base a la cual también se derivaron inferencias similares para materiales arqueológicos (ver datos compilados en López Campeny 2011-2012). Sin embargo, destacábamos en ese mismo trabajo que estas interpretaciones se basaban en suposiciones que carecían del correspondiente sustento fáctico, debido a la ausencia de datos experimentales sobre la resistencia diferencial a la tensión exhibida por este tipo de fibras usadas en tiempos prehispánicos. Es en este sentido que pensamos cobran relevancia los resultados de los ensayos aquí presentados y, en relación a esta problemática sobre el empleo diferencial de torteros según su peso, es significativo que la fibra de llama y la de algodón muestren valores similares de resistencia a la rotura por tensión. Es decir que, no parece haber argumentos empíricos suficientes para sostener una diferencia en la elección del peso de los torteros que se base exclusivamente en la resistencia diferencial de cada una de estas dos fibras. De hecho, los ensayos muestran que las fibras de mayor grosor (porción pelo en camélidos silvestres) son las que exhiben los valores más bajos de resistencia, mientras que dos de las fibras de diámetro menor (lanilla de vicuña y seda) presentan los mayores valores de resistencia relativa.

Consideramos que esto conlleva ciertas implicancias sobre nuestra “mirada” al registro arqueológico. Principalmente, consideramos que otorga más sustento a la proposición de que el peso/tamaño de los torteros empleados estaría más fuertemente vinculado con ciertos requerimientos técnicos de la producción textil, que con la naturaleza y/o grosor de la fibra hilada (López Campeny 2011-2012). Nos referimos, en primer lugar, a un conjunto de datos compilados que afirman que el tamaño y peso del tortero determinan el diámetro del hilado obtenido, decreciendo o aumentando éste último, a medida que lo hacen de forma proporcional y directa los primeros.

“Sí, el huso más grande es para hilar lana gruesa.” “... el tema del peso es cuando usted quiere hilar un hilo fino...Tiene que ser livianita la muyuna.” (Artesana de Antofagasta de la Sierra, Febrero de 2013).

Otra serie de datos históricos y etnográficos que hemos podido recopilar vincula en múltiples ejemplos el tamaño/peso del tortero con la etapa o rol que estos implementos cumplen

en el proceso de hilado: torsión inicial de las fibras, retorsión de cabos hilados, segunda retorsión, etc. En estos casos, se registra el empleo de torteros de mayor peso (y dimensiones) para las etapas más avanzadas (cfr. López Campeny 2011-2012). También de las entrevistas en nuestra área de estudio se desprende la misma relación:

“Si quiere torcer¹¹ tal vez un hilo tiene que poner la muyuna más pesada” (Artesana de Antofagasta de la Sierra, Febrero de 2013).

Al respecto de esto último, una de las implicancias posibles a partir de los resultados de los ensayos, es considerar la posibilidad de ampliar el rango potencial de pesos y tamaños de torteros que pudieron usarse para hilar fibras “finas”, o de poco diámetro (p.e. vicuña, algodón, seda silvestre, entre algunas posibles). De ser éste el caso, los pesos podrían haberse empleado para la obtención de hilados de mayor grosor, y/o bien utilizarse durante tareas de retorsión o repliegue de varias hebras previamente hiladas.

A su vez, ambas características de los hilados obtenidos -diámetro aparente y cantidad de torsiones- se relacionan con ciertos requerimientos de la producción textil, especialmente el tipo de pieza que se va a elaborar (se trate de vestimenta, contenedores, sogas, etc.) y/o la función que desempeñará el hilado en la tela (sea urdimbre, trama, costura, etc.) -aspecto éste último sobre el que ya hemos profundizado previamente- como se desprende del conjunto de datos compilados (López Campeny 2011-2012). Por ello, es común que en contextos actuales se suela emplear varios husos de diferente tamaño, con el fin de obtener hilos de diferentes grosores y para lograr distintos tipos de torsiones y/o retorsiones (Rolandi de Perrot y Jiménez de Pupareli 1983-1985).

5. Reflexiones Finales... enfocando miradas sobre la producción textil

Consideramos que los resultados de los ensayos de tracción constituyen un aporte en múltiples sentidos. En primer lugar, en términos de los propios datos sustantivos que se han obtenido acerca de las propiedades mecánicas de resistencia a la tracción y elasticidad exhibidas por los distintos tipos de fibras naturales y tecnofacturas arqueológicas ensayadas. En este

¹¹ Con “torcer” el hilo la artesana se refiere al repliegue o retorsión de los dos cabos previamente hilados, es decir, el conjunto de hebras torsionadas que forman cada elemento del cordel o hilado pareado. En algunas regiones del NO de Argentina se usa el término *iscanchado* para referirse al “torcido” o pareado de dos hebras para conformar el hilo doble (Teves 2011).

sentido, creemos que la relevancia de la experiencia está dada en el hecho mismo de su vacancia, ya que se trata de un área de estudios poco explorada desde una mirada arqueológica. Por otro lado, y desde un punto de vista más interpretativo, pensamos que a partir de la base de datos empírica que se ha obtenido, podemos comenzar a reflexionar sobre algunas elecciones que se dieron en el proceso de toma de decisiones tecnológicas relacionadas con la producción textil en el pasado. Contamos ahora con información complementaria, a una escala de análisis “menos evidente”.

La clasificación -por parte de los artesanos- de las fibras de uso textil según determinados atributos que se definen como relevantes a la producción (p.e.: suavidad, resistencia, longitud, color, etc.), constituye la base para la obtención del hilado buscado. Es por eso que las etapas que comprenden la identificación de estos atributos y la posterior selección de la materia prima, son cruciales en la elaboración de estas tecnofacturas. Posteriormente, la fibra seleccionada será manipulada, de acuerdo con las características tecnológicas buscadas (diámetro, tipo de torsión/tensión, etc.), de acuerdo al tipo de prenda a elaborar y según sea la futura función a desempeñar, por el hilado, en la tela de la que formará parte (estructural: urdimbre o trama o no estructural: diferentes tipos de costura).

En este sentido, consideramos que los resultados obtenidos durante los ensayos de tracción individual otorgan fortaleza a la propuesta de que esta selección respondería no sólo a objetivos estéticos y de confort, sino también a la *performance* desempeñada por los distintos tipos de fibras; de acuerdo a la posición particular que ocuparán en la estructura textil y/o como elementos agregados al tejido; así como en relación al tipo de prenda a confeccionar y al rol que la misma desempeñará. Al respecto, destacamos la utilización de cabello humano como sustancia usada para la confección de costuras de unión en dos prendas de la muestra de PP9 (textiles N°153 y N°156) y para conformar el ojal y los cordones laterales de una honda (N°181) (López Campeny 2000; Romano 2016). Y, si bien el uso cabello humano como materia prima ha sido registrado en los Andes Centrales y Sur en relación a sus significados en el plano ideológico y simbólico (Arnold *et al.* 2007; Rosenzweig y Artzi 2011, López Campeny 2006-2007, entre otros), consideramos que en estos casos, el hecho de que formen parte de una honda y de elementos de costuras de unión de bordes, puede interpretarse como una selección de este material basado en su alta resistencia a la tensión.

Aceptar la presente propuesta implica asumir una tradición textil prehispánica basada en la acumulación prolongada de saberes, basados en la experiencia y el aprendizaje continuos, a lo largo de siglos de manipulación de las materias primas textiles. En términos más concretos, los patrones de cina, desmote y composición de la fibra que muestran las tecnofacturas

arqueológicas, constituirían testimonios de la búsqueda de atributos diferenciales en las prendas textiles y sus elementos constituyentes, y dichas acciones se sostendrían en un profundo conocimiento -de base empírica- del comportamiento y el desempeño diferencial de los distintos tipos de fibras que conforman el manto de los camélidos (silvestres y domésticos). Pensamos que este mismo conocimiento empírico acerca del comportamiento diferencial de las fibras, ante la aplicación de una fuerza (resistencia), debe haber incidido también en la toma de decisiones sobre ciertas características del instrumental usado para la producción textil, especialmente en la etapa de conformación de los hilados.

Es por eso que consideramos que estos ensayos nos brindan información acerca de *saberes*, en tanto prácticas artesanales que se remontarían a una tradición de manejo de los recursos textiles continua y profunda en el tiempo. En este sentido, nos permiten evaluar algunos de los factores que pudieron guiar la selección de materias primas, obtener conocimientos sobre formas de procesamiento de las fibras y sopesar tomas de decisiones vinculadas al instrumental utilizado en las primeras etapas de la confección textil. Y, si bien los resultados pueden considerarse preliminares -atendiendo al tamaño reducido de esta muestra inicial- nos alientan a seguir indagando en las prácticas asociadas con las primeras etapas de la cadena de producción textil y, especialmente, a focalizar la mirada en estos distintos aspectos “poco visibles” cuando se maneja una escala de examen macro del textil. En este sentido, consideramos que los aspectos composicionales y aquellos que refieren a las propiedades físicas de las fibras son portadores de información vital para entender las materialidades textiles de forma más holística. Pero, por sobre todo, consideramos que la experiencia nos permitió cuestionar razonamientos basados en el “sentido común”, mostrando que las cosas no siempre son como suponemos en una primera lectura...

Agradecimientos

Las investigaciones arqueológicas en ambas áreas de estudio, en las cuales se encuadran estos análisis textiles más específicos, se han venido realizando en el marco de distintos proyectos, becas y planes financiados por organismos provinciales y nacionales: Secretaría de Ciencia, Arte y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán (SCAyT); Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (AGENCIA) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Los autores agradecen, en este sentido, el apoyo y acompañamiento permanente de quienes coordinan dichos proyectos generales: Lic. Carlos A. Aschero (Puna Sur) y Dra. Constanza Taboada (Llanura de Santiago del Estero). También agradecemos a los Drs. Silvana Urquiza y Andrés Izeta por proporcionarnos muestras de fibras actuales correspondientes a camélidos silvestres, las que han sido utilizadas en los ensayos de tensión y para ilustrar parte de la figura 7.

Bibliografía

ARNOLD, D.; YAPITA, J. y ESPEJO AYCA, E. (2007) *Hilos sueltos: los Andes desde el textil*.

La Paz: ILCA, Plural Editores.

BINFORD, L. (1967) "Smudge pits and hide smoking: the use of analogy in archaeological reasoning" *American Antiquity*, 32(1), pp. 1-12.

CORCUERA, R. (2006) *Mujeres de seda y tierra*. Buenos Aires: Editorial Argentina.

EMERY, I. (2009) [1966] *The primary structure of fabrics*. Washington: Thames & Hudson, The Textile Museum.

GALCERÁN ESCOBET, V. (1960) "Estudio comparativo de la resistencia a la tracción, por urdimbre y por trama, de los principales tipos de tejidos." *Boletín de los Laboratorios de Investigación Textil y de Cooperación Industrial* 8, pp. 3-15.

HURLEY, W. (1979) *Prehistoric cordage. Identification of impressions on pottery*. The Aldine Manual on Archaeology. Washington: Taraxacum.

JOHNSON, M. (2000) *Teoría Arqueológica. Una Introducción*. Barcelona: Ariel.

LÓPEZ CAMPENY, S. (2000) "Tecnología, iconografía y ritual funerario. Tres dimensiones de análisis de los textiles formativos del Sitio Punta de la Peña 9 (Antofagasta de la Sierra, Argentina)." *Estudios Atacameños* 20: 29-65.

LÓPEZ CAMPENY, S. (2006-2007). "El poder de torcer, anudar y trenzar a través de los siglos. Textiles y ritual funerario en la Puna Meridional Argentina". *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano* 21: 143-155.

LÓPEZ CAMPENY, S. (2009) "Las dos caras del textil: el rol de la producción textil en áreas de paisajes contrastados" *Serie Monográfica y Didáctica* 48, p. 125. IX Jornadas de

Comunicaciones y II Interinstitucionales, Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán.

LÓPEZ CAMPENY, S. (2011-2012) “Retomando el hilo... Los torteros arqueológicos de Santiago del Estero. Un giro a la discusión, primeros resultados y propuesta de investigación” *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano*, 23(1), pp. 37-54.

LÓPEZ CAMPENY, S. (2016) “El textil antes del textil... Análisis de instrumental arqueológico como referente de prácticas de producción textil” *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino* 21(2), pp. 119-136.

LÓPEZ CAMPENY, S.; BABOT, P.; BECERRA, F.; LEMA, V.; MARTINEZ, S.; RODRÍGUEZ CURLETTTO, S.; ROMANO, A. y SCHMITZ, A. (2013) “Procesos locales y vínculos regionales a partir de prácticas y materialidades vinculadas con producción textil prehispánica” *Serie Monográfica y Didáctica*, 52, p. 38. XI Jornadas de Comunicaciones Científicas, Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán.

LÓPEZ CAMPENY, S. y ROMANO, A. (2015) “Las hebras del rebaño. Hilvanando prácticas textiles y pastoriles a partir del registro arqueológico.” En L. González Baroni, F. Bobillo, G. Aguirre, S. Hocsman y G. Spadoni (eds.), *E-book Avances en el estudio de la transición a la producción de alimentos en Antofagasta de la Sierra*. Tucumán: EDUNT, p. 32.

LÓPEZ CAMPENY, S.; ROMANO, A.; RODRÍGUEZ, F.; MARTEL, A. y CORBALÁN, M. (2014) “De aquí y de allá: análisis integral de un contexto funerario. Vínculos e interacciones sociales entre Puna meridional y Tierras Bajas orientales.” *Intersecciones en Antropología* 15, pp. 201-218.

LÓPEZ CAMPENY, S. y TABOADA, C. (2016) “Primera evidencia arqueológica directa de hilado de algodón en Santiago del Estero (Tierras Bajas, Argentina). Temporalidades, contextos y prácticas en juego”. *Serie Monográfica y Didáctica*, 54, pp. 890-893. XIX Congreso Nacional de Arqueología Argentina, Universidad Nacional de Tucumán.

QUISPE, E.; RODRÍGUEZ, T.; IÑIGUEZ, L y MUELLER, J. (2009) “Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica”. *Animal Genetic Resources Information*, 45: 1–14.

QUISPE, E., POMA GUTIÉRREZ, A. y PURROY UNANUA, A. (2013) “Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza huacaya.” *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias* 7 (1): 1-29

REIGADAS, M. (1994) “Incidencia de los factores de variación en las especies de camélidos y tipos domésticos especializados en el NOA. Un paso más allá de la taxonomía en la explicación del proceso de domesticación.” *Estudios Atacameños* 11, pp. 53-72.

REIGADAS, M. (1995) “Criterios metodológicos para la detección del proceso de domesticación de camélidos en el NOA a partir del análisis microscópico de fibras y cueros arqueológicos.” *Cuadernos* 5, pp. 151-168.

REIGADAS, M. (1996) “El beneficio de la lana. Variabilidad tecnológica en manufacturas textiles actuales y arqueológicas en Susques (Prov. de Jujuy).” En *XXV Aniversario del Museo Arqueológico Dr. Eduardo Casanova*. Instituto Interdisciplinario de Tilcara, Facultad de Filosofía y Letras, Buenos Aires, pp. 111-127.

REIGADAS, M. (2000-2002) “Innovación tecnológica como factor de cambio en las estrategias económicas. La domesticación animal.” *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano* 19, pp. 573-597.

REIGADAS, M. y ROMANO, A. (2008) “Decisiones entretejidas: una mirada a las fibras de origen animal y la producción de tecnofacturas” En S. Hocsman, M. del P. Babot y J. Martínez (comp.), *Libro de Resúmenes de las Jornadas de Arqueología del Área Puneña de los Andes Centro-Sur. Tendencias, Variabilidad y Dinámicas de Cambio (ca. 11.000-1000 AP)*. Tucumán: EDUNT, pp. 79-80.

ROLANDI DE PERROT, D. y JIMENEZ DE PUPARELI, D. (1983-1985) “La tejeduría tradicional de la Puna argentino boliviana.” *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología* 10, pp. 205-289.

ROMANO, A. (2007a) “Cuestión de pelo: la utilización de fibras de camélidos para la confección de materiales textiles. Antofagasta de la Sierra (Puna Meridional Argentina)” En *Libro de Resúmenes del 2º Congreso Argentino y 1º Latinoamericano de Arqueometría*. Buenos Aires: Centro Atómico Constituyentes, pp. 37-38.

ROMANO, A. (2007b) “Entre urdimbres y tramas: análisis microscópico de fibras de camélidos procedentes de textiles arqueológicos.” Comunicación presentada en las IV Jornadas Internacionales de Textiles Precolombinos. Barcelona (España) del 27 al 30 de noviembre.

ROMANO, A. (2012) “Woven in time: the use of animal fibre and textile traditions: Antofagasta de la Sierra as a case study”. Comunicación presentada en la Conferencia Internacional Textiles, Techne and Power in the Andes. Birkbeck, Universidad de Londres. Center for Iberian and Latin American Visual Studies (CILAVS), The British Museum e Instituto de Lengua y Cultura Aymara (ILCA) del 15 al 17 de marzo.

ROMANO, A. (2016) “Vamos al grano... análisis palinológico de restos camélidos y sus implicancias para la arqueología de pastores puneños de Antofagasta de la Sierra (Catamarca, Argentina).” Trabajo Final de la Carrera de Arqueología. Universidad Nacional de Tucumán.

ROMANO, A. y LÓPEZ CAMPENY, S. (2015) “Más allá del textil: abordaje profundo de las materias primas utilizadas para la elaboración de prendas arqueológicas” *Serie Monográfica y Didáctica*, 54, p. 55. XII Jornadas de Comunicaciones Científicas, Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán.

ROSENZWEIG, A. y ARTZI, B. (2011) “A Chiribaya textile woven with human hair”. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino* 16 (1): 93-104.

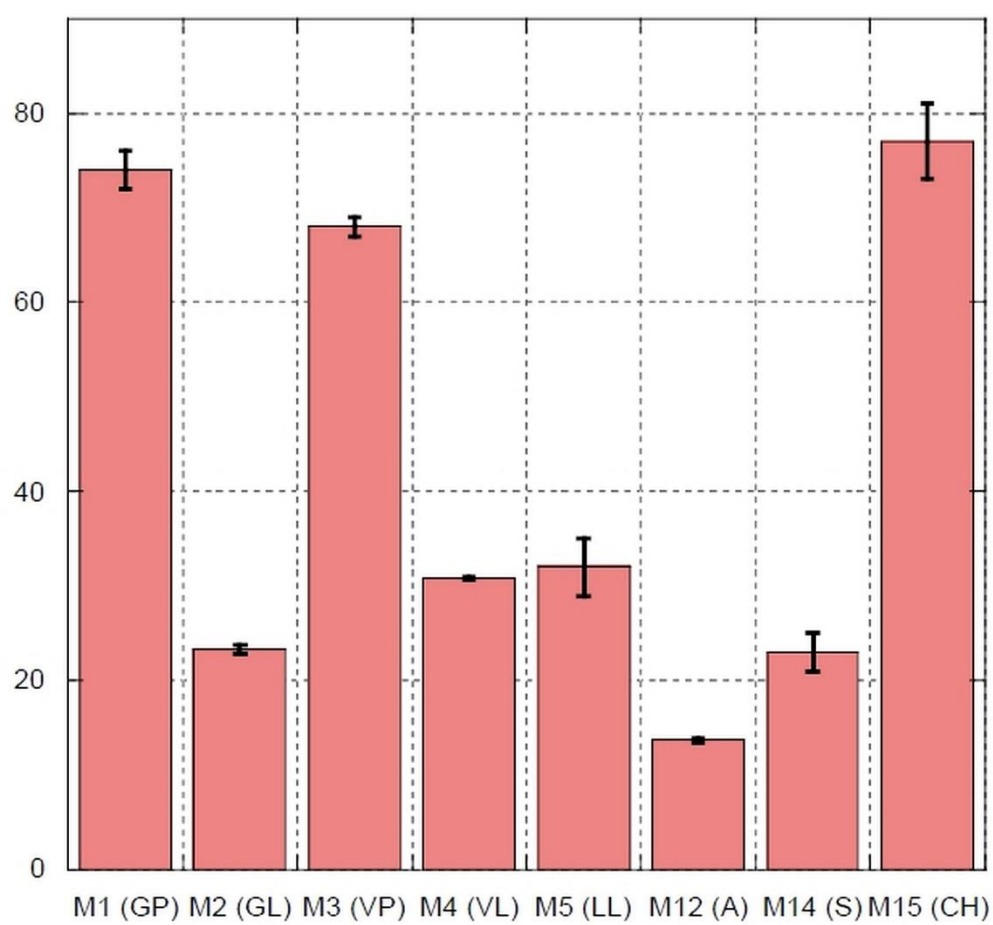
TEVES, L. (2011) “El estudio etnográfico de la actividad textil como aporte a la caracterización del modo de vida en el pueblo de Molinos y zona de influencia, provincia de Salta.” Tesis Doctoral leída en la Universidad Nacional de La Plata.

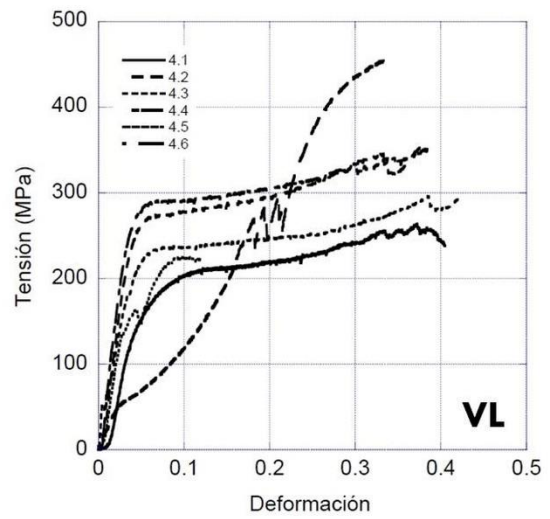
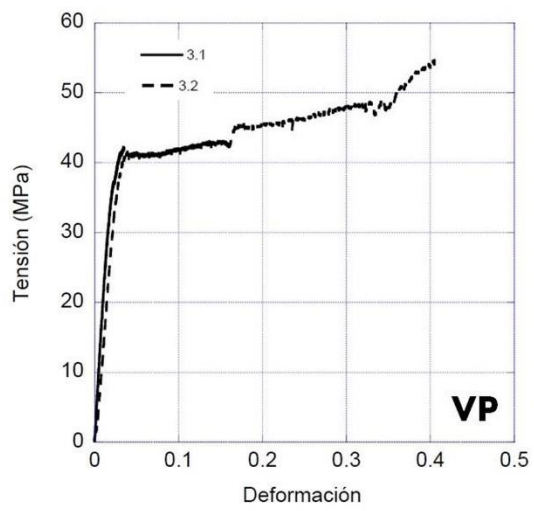
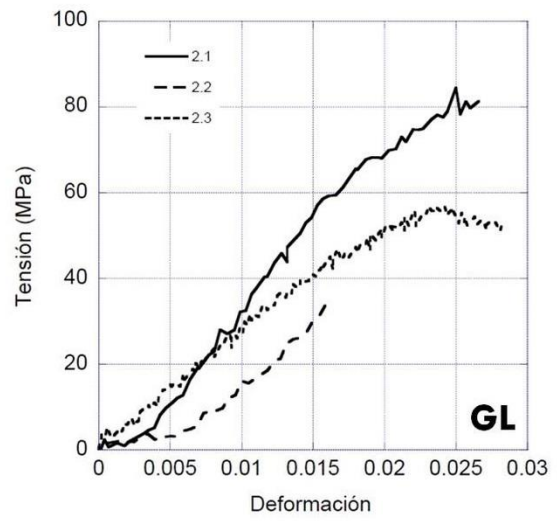
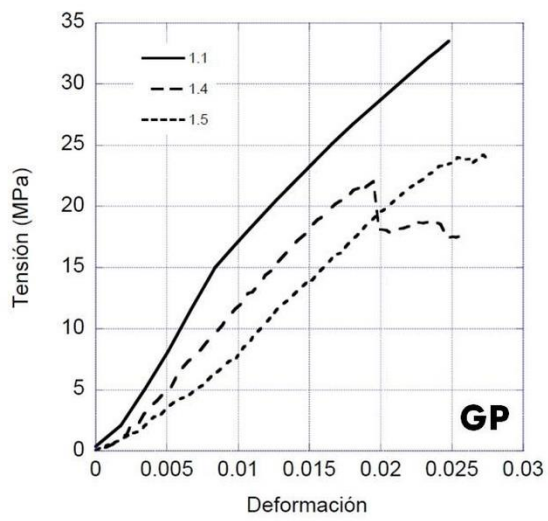
URQUIZA, S.; ROMANO, A. y LÓPEZ CAMPENY, S. (2013) “Historia ocupacional y prácticas sociales: Un análisis arqueofaunístico contextual. Sitio Piedra Horadada 2,

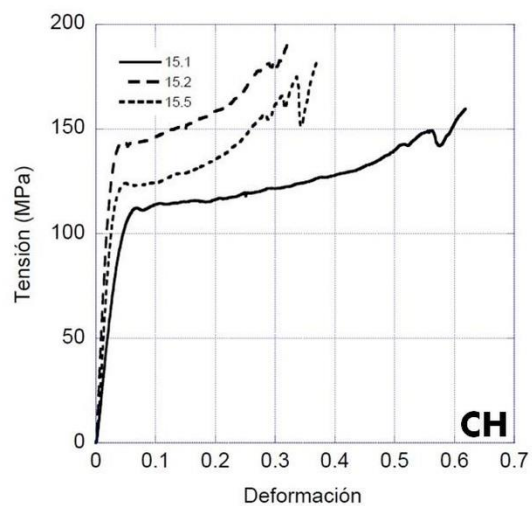
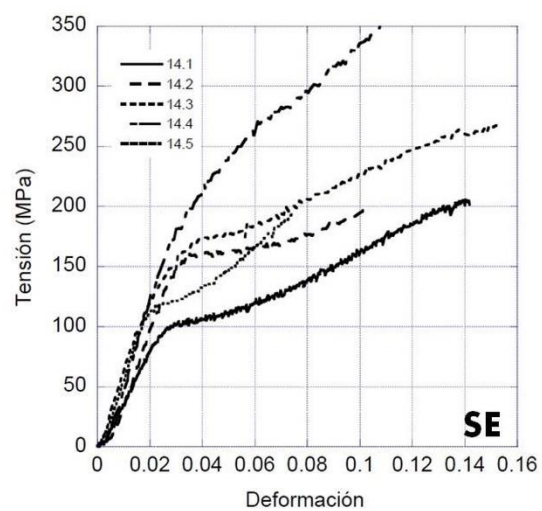
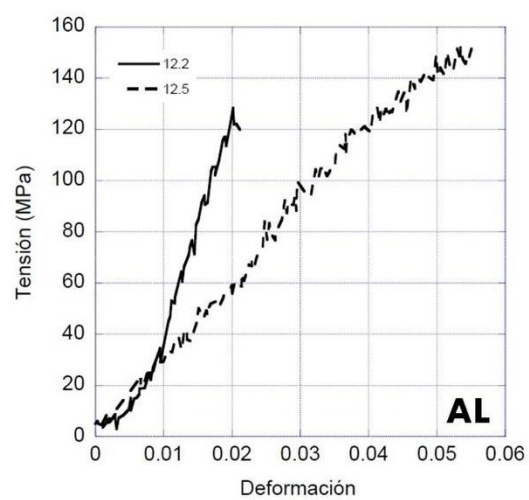
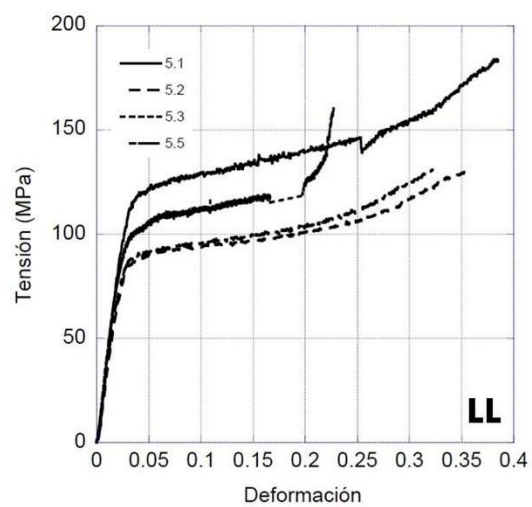
Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina.” En A. Izeta y G. Mengoni Goñalons (eds.), *De la Puna a las Sierras: Avances y Perspectivas en Zooarqueología Andina*. Archaeopress: Oxford, pp. 121-144.

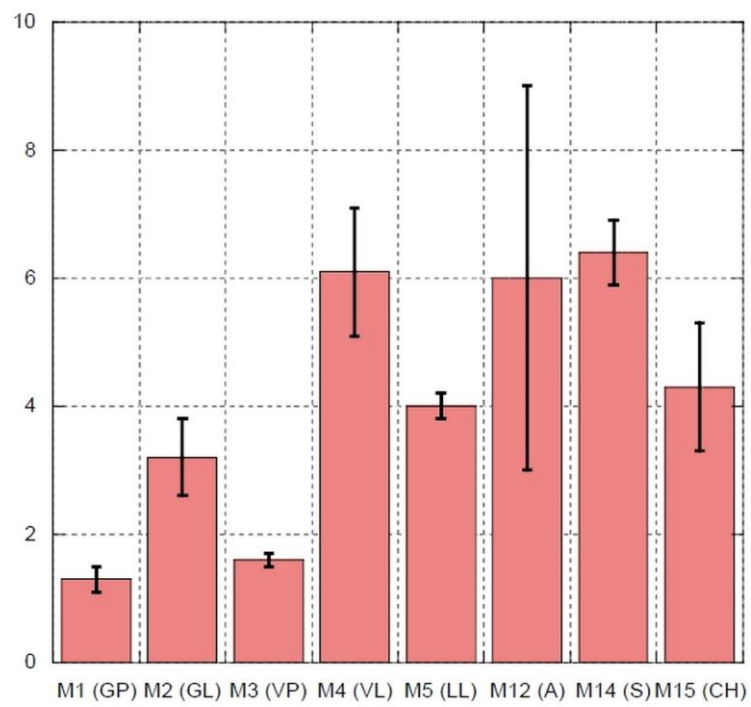
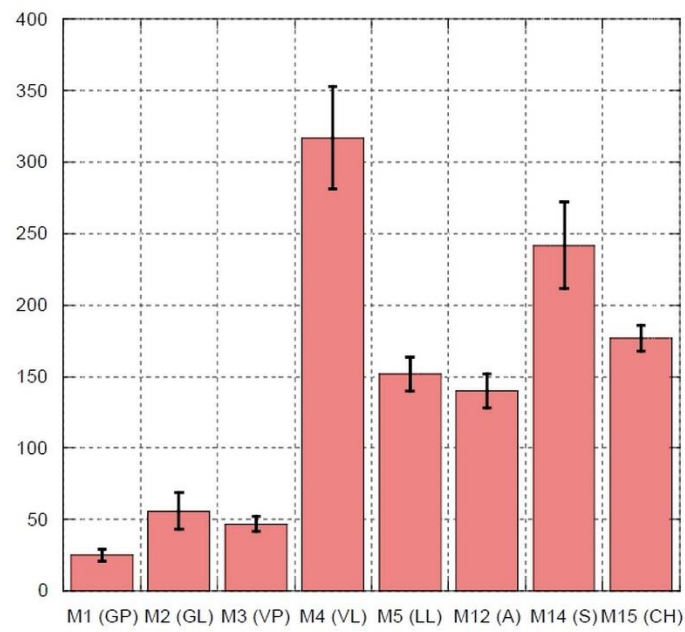
FIGURAS A INCLUIR EN EL ARTICULO

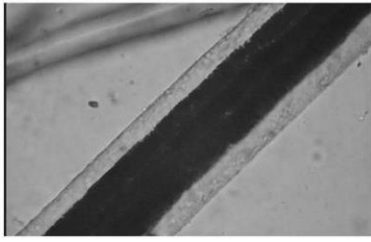








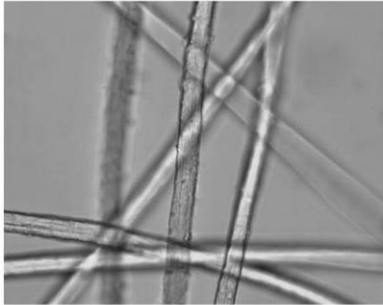




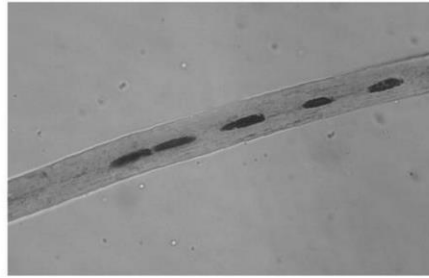
a



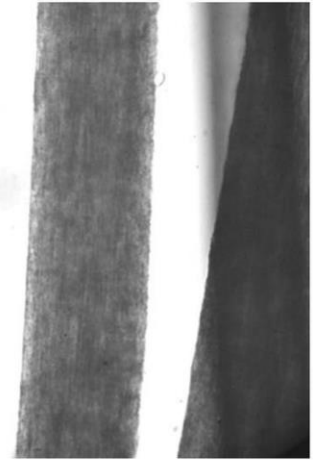
c



b



d



e

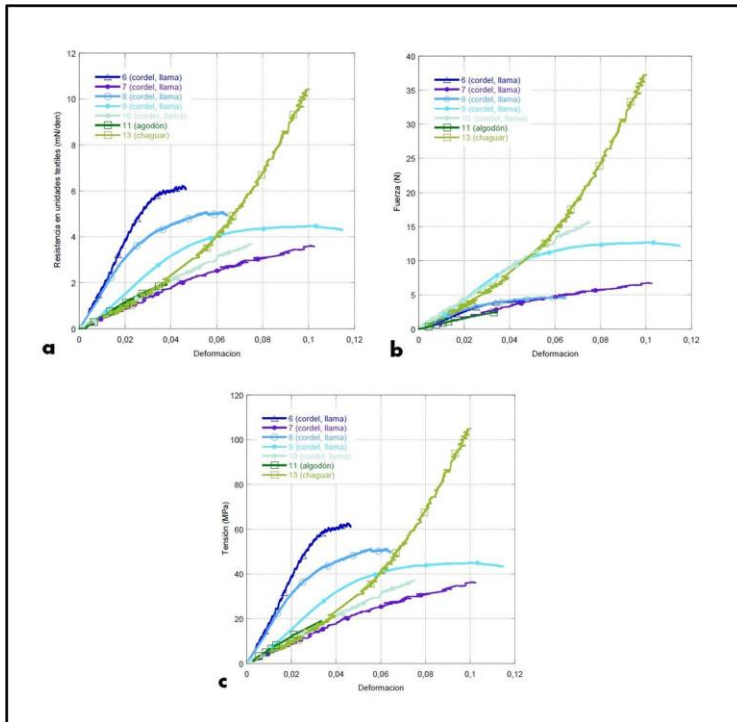




Figura 1. Ubicación geográfica de las dos áreas de estudio: 1) Puna Meridional Argentina: Antofagasta de la Sierra, Catamarca y 2) Tierras Bajas Orientales: Bañados de Añatuya, río Salado Medio, Santiago del Estero.

Figura 2. Gráfico comparativo que muestra los valores de media y error estándar de los diámetros (μ) de las fibras/filamentos ensayados.

Figura 3. Resultados de los ensayos de tracción fibra individual: (GP) pelo de guanaco; (GL) lanilla de guanaco; (VP) pelo de vicuña y (VL) lanilla de vicuña.

Figura 4. Resultados de los ensayos de tracción fibra/filamento individual: (LL) fibra intermedia de llama; (AL) fibra de algodón; (SE) filamento de seda de lepidóptero y (CH) cabello humano.

Figura 5. Gráfico comparativo que muestra los valores (media y error estándar) de tensión de rotura (MPa) para las fibras/filamentos ensayados.

Figura 6. Gráfico comparativo que muestra los valores (media y error estándar) del módulo de elasticidad (GPa) para las fibras/filamentos ensayados.

Figura 7. Detalle de los canales medulares por tipos de fibras animales: a) pelo de vicuña; b) lanilla de vicuña (INTA Abra Pampa, Jujuy, Argentina); c) pelo de guanaco; d) lanilla de guanaco (Nevados del Aconquija, Catamarca, Argentina) y e) cabello humano, individuo femenino adulto (sitio PP4, Antofagasta de la Sierra, Argentina). Imágenes tomadas en microscopio óptico a 400 X.

Figura 8. Resultados de los ensayos de tracción en la muestra de cordeles arqueológicos: a) curva Fuerza/Denier- Deformación; b) curva Fuerza - Deformación y c) curva Tensión - Deformación

Figura 9. Pesos de hilado arqueológicos (“torteros” o *muyunas*). Museo Antropológico Emilio y Duncan Wagner, Santiago del Estero, República Argentina.

Tabla 1.

. Características de la muestra de fibras/filamentos e hilados ensayada.

(*) En el caso de los hilados, se consigna aquí el *diámetro aparente*. Ver detalles y explicación en texto.

Muestra	Origen	Identificación	Tipo de muestra	Diámetro ^(*)	Escala de Ensayo	Procedencia
1 (GP)	animal	<i>Lama guanicoe</i> (guanaco)	Fibra primaria (pelo grueso)	71,5 - 78 μ	individual	muestra actual
2 (GL)			Fibra secundaria (lanilla)	22,5 - 24 μ		
3 (VP)		<i>Vicugna vicugna</i> (vicuña)	Fibra primaria (pelo grueso)	66,5 - 69 μ		
4 (VL)			Fibra secundaria (lanilla)	30 - 31,5 μ		
5 (LL)		<i>Lama glama</i> (llama)	Fibra intermedia	26 - 38,5 μ	elemento hilado	tecnofactura arqueológica
6 (LL)			Hilado de urdimbre (2zS)	1 mm*		
7 (LL)			Hilado de urdimbre (2zS)	1 mm*		
8 (LL)			Hilado de trama (2zS)	1,5 mm*		
9 (LL)			Hilado 60° (2zS)	2,5 mm*		
10 (LL)			Hilado 45° (2zS)	2,5 mm*		
11 (AL)	vegetal	<i>Gossypium</i> sp. (algodón)	Hilado (2zS)	0,8 mm*	individual	muestra actual
12 (AL)			Fibra	13 - 14 μ		
13 (BR)		<i>Bromelia</i> sp. (chaguar)	Hilado (2zS)	1,5 mm*	elemento hilado	tecnofactura arqueológica
14 (SE)	animal	<i>Saturniidae rothschildia</i>	Filamento	19 - 30,5 μ	individual	muestra actual
15 (CH)		<i>Homo sapiens sapiens</i>	Cabello	70 - 83 μ		

Tabla 2

Resultados de los ensayos efectuados a nivel de fibra individual. Se muestran el valor medio y el error estándar.

Muestra	Tensión de rotura (MPa)	Deformación de rotura	Energía de rotura (MJ/m³)	Módulo de elasticidad (GPa)	Diámetro de la fibra (μm)
M1 (GP)	25 (4)	0,0261 (0,0008)	0,337 (0,003)	1,3 (0,2)	74 (2)
M2 (GL)	56 (13)	0,023 (0,004)	0,9 (0,2)	3,2 (0,6)	23,3 (0,5)
M3 (VP)	47 (5)	0,2 (0,2)	9 (8)	1,6 (0,1)	68 (1)
M4 (VL)	317 (36)	0,34 (0,05)	84 (14)	6,1 (1,1)	30,8 (0,2)
M5 (LL)	152 (12)	0,33 (0,03)	36 (6)	4.0 (0,2)	32 (3)
M12 (AL)	140 (12)	0,04 (0,02)	3 (2)	6 (3)	13,7 (0,3)
M14 (SE)	242 (30)	0,114 (0,01)	19 (3)	6,4 (0.5)	23 (2)
M15 (CH)	177 (9)	0,44 (0,09)	58 (9)	4 (1)	77 (4)

Tabla 3. Resultados de los ensayos efectuados a nivel de hilados arqueológicos.

Muestra	Tipo de muestra	Fuerza rotura (N)	Deformación de rotura	Fuerza específica de rotura (mN/denier**)	Densidad lineal (denier**)	*Tensión de rotura (MPa)	*Energía de rotura (MJ/m3)	*Módulo de elasticidad (GPa)	*Área Transversal (10⁴ μm²)
M6 (LL)	Hilado de urdimbre (2zS)	4,08	0,047	6,1	666	61,8	1,74	2	6,6
M7 (LL)	Hilado de urdimbre (2zS)	6,73	0,102	3,6	1872	36,3	2,12	0,4	18,6
M8 (LL)	Hilado de trama (2zS)	4,67	0,065	5,1	915	51,4	2,31	1,6	9,1
M9 (LL)	Hilado 60° (2zS)	12,68	0,115	4,5	2841	45,0	3,75	0,9	28,2
M10 (LL)	Hilado 45° (2zS)	15,68	0,075	3,7	4258	37,1	1,43	0,4	42,2
M11 (AL)	Hilado (2zS)	2,39	0,034	1,9	1265	19,1	0,33	0,6	12,6
M12 (BR)	Hilado (2zS)	37,17	0,100	10,4	3575	104,8	3,85	0,5	35,5

Referencias: (*) calculados para una densidad = 1.12 g/cm³ - (**) 1 denier = 11.11 g/km