

ADAPTACIÓN TECNOLÓGICA PARA TRANSFORMACIÓN DE FIBRAS DE RAZAS LOCALES: CARDADORAS Y RUECAS ELÉCTRICAS

TECHNOLOGICAL ADAPTATION FOR TRANSFORMATION OF FIBERS OF LOCAL BREEDS: CARDERS AND ELECTRICAL SPINNING WHEELS

Stemmer A.^{1*}, Caballero T.¹, Zambrana L.², Robalino T.³

¹PRORUMEN (Programa Rumiantes Menores y Producción Pecuaria Sostenible), Departamento de Zootecnia y Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. *a.stemmer@umss.edu.bo.

²CIFEMA (Centro de Investigación, Formación y Extensión en Mecanización Agrícola), Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.

³Agrónomos y Veterinarios sin Frontera (VSF-CICDA), La Paz, Bolivia.

Keywords: Semi industrial carder; Handicraft yarn; Animal fibers; Quality of products.

Palabras clave: Cardadora semi industrial; Hilo artesanal; Fibras de origen animal; Calidad de productos.

ABSTRACT

The present work answers the requirements of thousands of smallholders of camelids and creole sheep in Bolivia who are involved with the artisanal transformation of fiber and wool. Fiber producing animals are autochthonous in the case of alpaca and llama, and a local breed in the case of the creole sheep. At present, the offer of carders in Bolivia is characterized by very basic manual processing, or by industrial processes which are not accessible for farmer organizations because of high costs and volume of carded fiber. Our objective was to develop technologies appropriate to the socioeconomic conditions of smallholder families of camelids and sheep for optimal use of fiber and wool. We conducted a study on the present situation of carding and spinning, and its limitations. We proceeded to the design and construction of prototypes appropriate to the working conditions of artisans. The equipment was tested *in situ* in order to measure efficiency and quality. A semi industrial carder for fiber and wool was constructed, as well as electrical spinning wheels appropriate to the capacity of production of artisans. With the carder, they will be capable to obtain a homogenous mix of fiber, uniting color and quality of different fleeces; with the electric spinning wheel, apart from obtaining homogenous yarn, the speed of spinning is four times higher. Higher efficiency and quality of carding and spinning is important for improvement of income of the families and offers the possibility of better use of non-homogenous fiber and wool of local breeds.

RESUMEN

El presente trabajo responde a las necesidades de miles de pequeños productores de camélidos y ovinos criollos en Bolivia que se dedican a la transformación artesanal de fibra y lana. Los animales productores de fibra y lana son especies autóctonas en el caso de alpaca y llama, y una raza local, en el caso del ovino criollo. Actualmente, la oferta de cardadoras en Bolivia se caracteriza por procesos manuales demasiados básicos, o procesos industriales a los que no

pueden acceder las organizaciones campesinas tanto por el costo de la maquinaria como por el volumen de cardado. Nuestro objetivo fue desarrollar tecnologías adecuadas a las condiciones socioeconómicas de las familias criadoras de camélidos y ovinos para el aprovechamiento óptimo de fibra y lana. Realizamos un diagnóstico sobre la situación actual del cardado, hilado y sus limitaciones. Se procedió al diseño y construcción de los prototipos adecuados a las condiciones de trabajo de las artesanas. Se realizaron pruebas *in situ* para medir la eficiencia del equipo y la calidad. Se construyó una cardadora semi industrial además ruelas eléctricas dimensionadas a la capacidad de producción de artesanas. Con la cardadora las artesanas podrán lograr una mezcla homogénea de fibra unificando color y calidad de vellones distintos; con la ruela eléctrica, a más de la homogeneidad del hilo, se incrementa cuatro veces la velocidad de hilado. La mayor eficiencia y calidad es un aporte importante en mejorar los ingresos de las familias y ofrece la posibilidad de mayor aprovechamiento de fibra y lana no homogénea de razas locales.

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de camélidos (llamas y alpacas) y ovinos en Bolivia está mayormente en manos de pequeños y medianos productores. El sistema se basa en la agricultura y los productores tienen como pilar la producción animal o el cultivo vegetal (Cardozo, 2007). Los animales productores de fibra y lana son especies autóctonas en el caso de alpaca y llama, y una raza local, en el caso del ovino criollo de las alturas de Bolivia. La fibra de camélidos y lana de ovinos son usadas en parte para el consumo doméstico, en parte vendida como materia prima para la industria textil o en forma transformada en hilo por asociaciones de artesanas.

El análisis de las cadenas de agregación en Bolivia, organizaciones de autogestión de productores, artesanos y empresas del rubro de transformación de las fibras de llama, señala que existe un potencial en la capacidad instalada actual textil, que, por falta de recursos humanos capacitados, financiamiento y maquinaria moderna no es explotada más eficientemente (Delgado, 2003).

El acceso a maquinaria y equipos transformadores de fibra y lana se dificulta más en las regiones alejadas, donde se crían mayormente ovinos criollos y muy pocas ovejas de otras razas.

El proceso de cardado es un conjunto de operaciones mecánicas y sucesivas, que se realizan con el fin de ir abriendo, individualizando, paralelizando, limpiando de residuos en forma progresiva las fibras para finalmente homogenizarlas y producir una mecha o cinta. El cardado es la operación más importante en la hilatura ya que de ésta depende la calidad del hilo (Pro Bolivia, 2015).

El presente proyecto de innovación tecnológica para el cardado de fibra y lana e hilado artesanal responde a las necesidades concretas de miles de familias criadoras de camélidos y ovinos (en su mayoría criollos) que mantienen como actividad de transformación el aprovechamiento de la fibra y lana para el hilado artesanal.

En el caso del cardado, actualmente la oferta de cardadoras en el mercado se caracteriza por presentar procesos manuales demasiados básicos, pensados más para cardado individual para el autoconsumo que para acceder a un mercado exigente en calidad. Estas cardadoras permiten que una mujer pueda cardar máximo un kilogramo por día alimentando la cardadora por vez con menos de 50 gramos de fibra o lana. Este proceso además de ser lento, no permite unificar la calidad ni el color por lo que la oferta de hilo artesanal se hace en ovillos de 50 y 100 g con diferencias de tono en cada ovillo, cuando el mercado demanda aproximadamente 10 kg por color que mantengan homogeneidad en tono y calidad.

Otra opción de cardado se dirige a procesos industriales a los que no pueden acceder las organizaciones campesinas tanto por el costo de la maquinaria como por el volumen de cardado. Los promedios de cardado son de 10 kg por hora, con lo que en dos semanas se cardaría el volumen de fibra y lana con que una organización proyecta trabajar todo el año. A más de la subutilización de la maquinaria el precio es inaccesible pues una máquina nueva supera los 250.000 \$US.

Hay opciones intermedias que se refieren casi siempre a maquinarias usadas. Su costo alcanza los 80.000 \$US por cardadora y el estado de funcionamiento no es garantizado, así como tampoco el acceso a repuestos lo que se constituye en un problema adicional.

Para el caso del hilado artesanal, a más de las tradicionales “puskas” (nombre quechua para ruecas manuales), se han adaptado sistemas de hilado eléctrico que no han podido responder a las necesidades de las artesanas, por varias limitaciones como acceso a energía, peso, capacidad de hilado, calidad, etc.

Este panorama es el que marca el trabajo de las organizaciones de artesanos que intentan aprovechar la fibra y lana de camélidos y ovinos. Por eso el presente proyecto se planteó como objetivo general apoyar a garantizar mejores ingresos para mujeres artesanas y criadores de camélidos y ovinos criollos a través del aprovechamiento sostenible de la fibra y lana. El objetivo específico fue desarrollar tecnologías adecuadas a las condiciones ambientales, sociales y económicas de las mujeres criadoras de camélidos y ovinos para el aprovechamiento óptimo de fibra y lana.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente proyecto de innovación tecnológica se viene desarrollando desde el año 2014 en forma conjunta entre PRORUMEN (Programa Rumiantes Menores y Producción Pecuaria Sostenible) y CIFEMA (Centro de Investigación, Formación y Extensión en Mecanización Agrícola), ambos de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. Para el diseño de la cardadora, se trabajó en asociación con la CIOEC Cochabamba (Coordinadora de Integración de Organizaciones Económicas Campesinas), financiado por PRO Bolivia (perteneciente al Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural). Para el diseño de la rueca eléctrica se involucraron las siguientes organizaciones: AVSF (Agrónomos y Veterinarios sin Fronteras), PROEX (perteneciente al Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural), el Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina (INTI), Gobierno Autónomo Municipal de Copacata, ORPACA (Organización Regional de Productores Agropecuarios de Calientes) y la Red de Mujeres Artesanas de Copacata.

Al empezar el proyecto, se realizó un diagnóstico sobre la situación del manejo de fibra por parte de las organizaciones, particularmente respecto al proceso actual del cardado e hilado y sus limitaciones. Esta información fue necesaria para que el proceso posterior de innovación responda a las condiciones concretas de las asociaciones de artesanas y garantizará la participación activa de las mujeres en el proceso de innovación y su ulterior implementación dentro de las actividades artesanales de aprovechamiento de la fibra y lana.

Se registraron las condiciones actuales del cardado, identificando las limitaciones, volúmenes de procesamiento, velocidad, rendimiento y calidad. Se recuperó además la información referida a las condiciones de trabajo concretas de las mujeres, esto sobre todo para el diseño de las ruecas eléctricas que son de uso individual. De esta forma a más de mejorar los procesos de cardado e hilado ampliando el acceso a posibles mercados, se tomaron en cuenta aspectos básicos para el uso de los equipos como el acceso a la energía eléctrica y el sitio de trabajo (en el caso de las

ruecas, las artesanas casi siempre hilan en el suelo por lo que se debió pensar en una rueca que sea estable en pisos de tierra).

Luego se analizaron una cardadora manual en diseño y en proceso, después una cardadora semi industrial para tener la base para el diseño y construcción de un prototipo adecuado a las condiciones de trabajo de las mujeres artesanas y sus asociaciones.

La calidad de cardado se midió por la ausencia de los siguientes defectos: Formación de “neps” (enredo de fibras cortas no mayor a 3 mm), rotura de fibras, material cardado sucio, fibras no paralelas e irregularidad de las cintas o mechas.

Luego se realizó el desmantelamiento, rearmado y registro de funcionamiento de una cardadora simple. Con estas actividades se obtuvo la información e insumos necesarios para el diseño y construcción del prototipo de la cardadora artesanal mejorada. Se buscaron materiales durables, económicos y de fácil acceso para garantizar la posibilidad de réplica posterior. Una vez construido el prototipo de la cardadora se realizaron una serie de pruebas *in situ* para medir la eficiencia del equipo y la funcionalidad en condiciones de los artesanos. Este proceso pretendió por un lado dar elementos para perfeccionar el funcionamiento técnico de la cardadora y por otro medir el relacionamiento de la maquinaria con las condiciones específicas donde trabajará la cardadora.

Los resultados de las pruebas en la parte técnica y la funcionalidad social del equipo permitieron realizar las mejoras necesarias para el pleno funcionamiento de la máquina. Una vez que se obtuvo el prototipo se pasó al proceso de fabricación.

Para el caso de la rueca eléctrica, se contó para el arranque con un prototipo trabajado en Argentina por el INTI. Los técnicos de CIFEMA, AVSF y la presidenta de la red de Mujeres Artesanas de Cocapata, viajaron a Jujuy, Argentina, donde se realizaron las pruebas de trabajo del prototipo. Se registraron algunos parámetros como velocidad de hilado, funcionalidad y facilidad para el manejo por parte de las artesanas, versatilidad en los títulos a hilar (grosor del hilo), resistencia del equipo, peso, etc. Se mejoró el sistema eléctrico con partes de fácil acceso para la compra, se simplificó el sistema de frenado y la colocación y desmonte de la bobina de almacenamiento del hilo. La parte de ajuste de los equipos se dio en la fase de campo, pues las condiciones de las asociaciones beneficiarias son distintas entre sí, así hay comunidades con energía eléctrica, otras no, así mismo la estabilidad de la corriente es diferente. Esto llevó a varios ajustes a la parte eléctrica del equipo para que resista las variaciones de voltaje. La parte final a cargo de AVSF y CIOEC Cochabamba fue la capacitación a las artesanas para el manejo del equipo y solución de posibles problemas.

Durante todo el proyecto se ha priorizado la metodología de investigación – acción que permitió a la vez que se investiguen alternativas de mejorar el proceso de cardado, que se conozcan otras experiencias y que se vayan implementando y probando en situaciones reales los cambios posibles. Esto creó además referencias y documentación sobre todo el desarrollo del proyecto. Para la validación de los prototipos de cardadora y rueca eléctrica, se realizaron una serie de mediciones y pruebas de uso en condiciones reales, esto es: fibras de diferentes calidades, condiciones de energía eléctrica específicas y horas de trabajo continuo.

La parte final de esta etapa fue medir la calidad de la fibra cardada, teniendo dos modalidades, una visual y otra al tacto, que normalmente da una percepción sobre uniformidad de color y calidad. Esto a ojo de las artesanas ha sido óptimo pues los tonos que han ingresado se han uniformizado en una sola pasada, aunque para variaciones de tonalidad fuerte se requieren dos pasadas. La segunda modalidad de prueba es ideal hacerlo en laboratorio para medir sobre todo si en el proceso la fibra no se rompe. Visualmente la fibra sale bien y así lo han manifestado las

artesanas que han hilado con esta fibra cardada que facilita el proceso mismo de hilado a más de permitir una mejor calidad por color y homogeneidad. La parte de análisis de laboratorio aún no se realizó, pero está previsto hacerlo en los siguientes meses.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados implicaron un proceso sostenido de investigación e innovación que involucró a la Universidad pero además a las organizaciones de artesanas las cuales dieron la información detallada, que fue sistematizada, sobre las limitaciones actuales y las necesidades concretas frente a un mercado específico.

Se logró desarrollar, diseñar, construir y difundir una cardadora semi industrial de fibra y lana, dimensionada a la capacidad de producción de las mujeres artesanas de Bolivia y de sus organizaciones pero también acorde a las condiciones ambientales, de acceso a servicios y al mercado al cual está destinada la producción de hilo artesanal. Las especificaciones técnicas de la cardadora innovada se observan en la tabla I y la figura 1.

Tabla I. Características técnicas de la cardadora artesanal (*Technical characteristics of semi industrial carder*).

Ítem	Característica
Utilidades	Fibra de camélidos y lana de ovinos
Dimensiones (largo x ancho x alto)	2,3 m x 0,8 m x 1,5 m
Peso neto	350 kg
Rendimiento	2 kg por hora
Fuente de potencia	Motor eléctrico de 1,5 HP, 220 V
Sistema de transmisión	Cadenas, correas y engranajes
Costo unitario	5.500,- \$US



Figura 1. Izquierda: Cardadora artesana; Derecha: Cardadora innovada en funcionamiento (*Left: Semi industrial carder; Right: Innovative carder functioning*).

El proyecto diseñó y fabricó ruedas eléctricas cuyas características se observan en la tabla II y la figura 2. Para destacar las ventajas que las artesanas y las asociaciones tienen con la incorporación de estas tecnologías, en la tabla III se presenta un cuadro comparativo frente al sistema tradicional de hilado y las ventajas de la rueda eléctrica innovada. En la parte social, el desarrollo de los prototipos ha llevado a efectos interesantes. El primero: se ha fortalecido la Red de Mujeres Artesanas de Cocapata, organización que actualmente negocia con el municipio la

incorporación en el Plan Operativo Anual de actividades y presupuesto para reforzar la actividad artesanal y la crianza de camélidos. Luego está el rol protagónico que las mujeres adquieren en su organización, pues al controlar un rubro de alto potencial económico y productivo, les da también mejores condiciones para participar y aportar en las organizaciones comunales. Hasta la fecha (mayo de 2017) se entregó una cardadora (a la asociación Arte Nativo del Departamento de Potosí) y 400 ruecas eléctricas a diversas artesanas particulares y asociaciones de los cinco principales departamentos de vocación para la producción de fibra y lana.

Tabla II. Características técnicas de la rueca eléctrica (*Technical characteristics of electrical spinning wheel*).

Ítem	Característica
Utilidades	Fibra de camélidos y lana de ovinos
Dimensiones (largo x ancho x alto)	35 cm x 19 cm x 25 cm
Peso neto	1.8 kg
Rendimiento	800 g a 1 kg por día (dependiendo de la destreza de la artesana)
Fuente de potencia	Motor eléctrico de 12V (con transformador entrada 220V-100V y salida de 12 V)
Costo unitario	80 \$US

Tabla III. Cuadro comparativo de la rueca eléctrica versus ruecas tradicionales (*Comparison of electrical spinning wheel versus traditional ones*).

Característica	Rueca eléctrica	Rueca vertical	Rueca horizontal	Rueca a pedal
Peso	Ligero: 1 kg	2 kg en promedio	Pesado: 2,5 kg	más de 5 kg; estructura de madera o metálica
Fuente de alimentación de energía	Red eléctrica, panel solar y/o batería de auto	Red eléctrica	Red eléctrica	Sin electricidad, con el impulso de la artesana
Motor	12V, trabajo continuo, moto reductor incorporado que reduce la velocidad de 7000rpm a 1100rpm/min (para mayor resistencia del motor)	12- 24V, trabajo continuo	12-24V, trabajo continuo	Las primeras horas pueden ser homogéneas; a medida que la artesana se cansa, baja la velocidad y también la calidad del hilado
Grosor del hilo	Títulos de 1 a 18, permite hilar más fino	Títulos de 1 a 8, hilos gruesos	Títulos de 1 a 10	Títulos de 1 a 10
Capacidad de producción	Hilo grueso: 1 kg/d, delgado: 0,5 kg/d	Hilo grueso: 0,5 kg/d, delgado: 0,33 kg/d	Hilo grueso: 0,5 kg/d, delgado: 0,33 kg/d	0,25 kg/d



Figura 2. Izquierda: Rueda eléctrica; Derecha: Artesana utilizando la rueda eléctrica (*Left: Artisan using electrical spinning Wheel; Right: Electrical spinning wheel*)

El uso de estos equipos mejora sustancialmente las formas tradicionales de cardado e hilado. Normalmente la artesana no carda la fibra, solo hace un mezclado manual que no logra eliminar mayormente las impurezas de la fibra y luego no uniformiza el color. Esto lleva a que la fibra para hilar no tenga una calidad adecuada y el hilo tenga tonos distintos e impurezas muy visibles. Con el cardado la materia prima para el hilado es de muy buena calidad.

En el caso de las ruecas hay más dependencia a la habilidad de la artesana y las condiciones del hilado, es decir puede haber una excelente fibra lavada y cardada, pero si la artesana hila en un suelo de tierra el hilo se contaminará y la calidad disminuirá. Por esto es necesario trabajar además del desarrollo de la tecnología en procesos de capacitación desde la esquila. Esto claro, será más fácil cuando el mercado pague más por un hilo de mayor calidad. La rueda, sin embargo, le da mejores posibilidades de lograr mayor calidad y mayor volumen con lo que el ingreso familiar puede aumentar de manera importante, gracias a una mayor producción y un mejor precio correspondiente a la calidad superior del hilado.

En el futuro próximo se consolidará la organización de producción y difusión de esta tecnología.

CONCLUSIONES

La mayor eficiencia y calidad en el cardado e hilado, se constituye en un aporte importante a una mejora en los ingresos de las mujeres artesanas, abriendo el camino para mejorar la competitividad. Con vista al futuro, se planifica la organización de armado, comercialización y mantenimiento de las cardadoras semi industriales. Se proyecta la difusión nacional hacia otras organizaciones y medianas y pequeñas empresas que trabajan el hilado artesanal. Se propone hacerlo a través del fortalecimiento de un grupo de mujeres vinculada a CIOEC Cochabamba para que puedan asumir el reto de divulgar esta alternativa tecnológica.

Con esto, a más de lograr la difusión de las cardadoras mejoradas se podrán generar ingresos por su construcción y comercialización, lo cual será parte de la estrategia de sostenibilidad a través de la asistencia técnica que desde la Universidad y CIOEC se dé a los grupos de artesanas involucrados.

Finalmente hay que mencionar que los equipos desarrollados no cambian la forma tradicional de hacer el hilo, sino más bien aportan a consolidar esta actividad, es decir el proceso de hilado sigue siendo artesanal, depende de la habilidad y destreza de la artesana, pero en cambio tienen condiciones para que esta habilidad logre resultados óptimos al contar primero con fibra de calidad (con el uso de la cardadora) y luego puedan realizar el hilado con mayor productividad y homogeneidad (con la rueda eléctrica).

Esto abre opciones de acceder a mercados alternativos que demandan un hilo artesanal, de calidad y en volúmenes consistentes (entre 10 y 50 kg por color). Esto se garantiza con los equipos desarrollados, pues se puede producir hilo en las cantidades indicadas con un color y calidad homogéneo, sin perder el valor cultural de esta producción pues es un trabajo artesanal, hecho por mujeres y que además permite valorizar la crianza de camélidos y ovinos criollos (sobre todo animales con fibra de color), recursos zoogenéticos que por la presión del mercado por fibra blanca corren el riesgo de disminuir e incluso desaparecer.

Estos equipos no solucionan todo el proceso productivo, falta aún solucionar otros cuellos de botella como el lavado de la fibra y el descordado. Pero el presente proyecto contribuye a consolidar una propuesta, de desarrollar el sector textil camélido y ovino a través de centros de transformación de fibra que puedan ser controlados por las propias asociaciones, y esta experiencia de desarrollo de tecnología, para este efecto, es una muestra de que es posible desarrollar tecnología y equipos no solo para la gente, sino con la gente.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero de Pro Bolivia y PROEX, entidades desconcentradas pertenecientes al Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, La Paz, Bolivia.

BIBLIOGRAFÍA

- Cardozo, G.A. 2007: Camélidos (Versión revisada, corregida y aumentada de la obra original "Auquénidos" de A. Cardozo - 1954). Impresiones Poligraf, Cochabamba, Bolivia.
- Delgado, J. 2003: Perspectivas de la producción de fibra de llama en Bolivia. Potencial y desarrollo de estrategias para mejorar la calidad de la fibra y su aptitud para la comercialización. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Hohenheim, Alemania.
- Pro Bolivia 2015: Diagnóstico situación actual del cardado y sus limitaciones. Proyecto Innovación tecnológica para el cardado de fibra y lana en el Departamento de Cochabamba. s.n.e. 57p.