

Determining Diameter of Animal Textile Fiber using Image Processing Techniques

Arcidiácono, Marcelo J.M.

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
UTN, Facultad Regional Córdoba
Córdoba, Argentina

Destefanis, Eduardo

Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería
UTN, Facultad Regional Córdoba
Córdoba, Argentina

Constable, Leticia E.

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
UTN, Facultad Regional Córdoba
Córdoba, Argentina

Vázquez, Juan Carlos

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
UTN, Facultad Regional Córdoba
Córdoba, Argentina

Abstract— In the context of productive sustainability of animal textile fibers, the possibility to achieve safe and inexpensive methods allowing to measure fiber quality is paramount for farmers pretending to compete in local and international markets. Using an image of a longitudinal cut of camelid fibers, we propose a computational method in which a Hierarchical Temporary Memory algorithm recognizes and identifies each of these fibers and a modified Gabor filter enhances and reconstructs the input image in order to reduce measurement errors of the mean diameter due to crossovers and out of focus objects. In this paper this procedure is described and results are discussed. The obtained results agree with the laboratory measurements.

Keywords— *textile fiber, quality, image, processing.*

I. INTRODUCCIÓN

Tanto la identificación como la caracterización de pelos y fibras de origen animal, adquiere importancia relevante en el análisis y estudio de sus propiedades para usos textiles e industriales e incluso artesanales [1]. Se estima que más de un millón de pequeños productores de los Andes centrales en Sudamérica tienen alpacas y llamas como principal medio de subsistencia. Estos animales proveen carne, leche, fibra, energía de transporte y guano y, además, constituyen un elemento importante de la identidad cultural de sus pueblos. Poblaciones definidas de estos camélidos califican para ser capturadas, esquiladas y liberadas generando un ingreso adicional a las comunidades en que viven. El aumento de la producción de fibras y demás productos de camélidos sudamericanos, a la vez de preservar un recurso genético animal crítico y los valores culturales asociados y mejorar la calidad de vida de muchos pequeños productores, debe ser parte de una estrategia global de inversión sostenida en investigación y desarrollo.

El Programa SUPPRAD de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Católica de Córdoba, vinculado con instituciones y cooperativas agrícolas y ganaderas, tanto nacionales como internacionales [2], lleva

adelante, desde hace algunos años, proyectos para identificar objetivos de mejoramiento de las cualidades de sustentabilidad para la producción de pequeños rumiantes y camélidos en áreas desfavorecidas. Más recientemente la investigación en el ámbito de la industria textil ha recibido un nuevo impulso a través del proyecto de Desarrollo Tecnológico de Procesos y Productos Innovadores para la Cadena de Valor de Camélidos, presentado por el INTI (Intituto Nacional de Tecnología Industrial) y aprobado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica en abril del 2013 [3].

El proyecto de investigación RNA-SU del Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información junto al Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, colabora con el SUPPRAD en su objetivo de acercar la tecnología a productores rurales en áreas desfavorecidas, proporcionándoles herramientas para medir la calidad de la fibra textil a bajo costo y atendiendo las exigencias de exactitud y precisión requeridas.

II. ÁMBITO DEL PROBLEMA

En la República Argentina, el Programa Nacional “Fibras Animales” considera de gran valor la comercialización, producción, e industrialización de lana, mohair, cashmere, llama, guanaco y vicuña [4]. La lana es producida por las razas ovinas que hay en el país, el mohair es producido por los caprinos de raza Angora, el cashmere es producido por algunos genotipos de caprinos criollos y las fibras de llama, guanaco y vicuña, son producidas por estos respectivos camélidos sudamericanos. Argentina históricamente ha sido muy competitiva en el mercado mundial de lanas, ocupando actualmente, el cuarto puesto como exportador mundial [4]. La competitividad se basa en el volumen que ofrece el país, el bajo costo de producción y la alta calidad. Los bajos costos de producción se deben a la localización de la producción en ambientes de pastizales naturales y manejo extensivo con bajo nivel de insumos.

Siendo el criterio de calidad aceptado para las lanas patagónicas más finas, un alto grado de blanco y brillo, pureza, bajos niveles de contaminación vegetal y buena suavidad, Argentina es el segundo productor mundial en el caso del mohair [4], esta fibra tiene buen mercado y se produce en forma competitiva con estándares de calidad, volumen predecible y adecuada descripción. Para el caso de las fibras de camélidos silvestres el país tiene grandes oportunidades considerando que es primero en población de guanacos y segundo en vicuñas. En zonas más desfavorecidas, con 3,9 millones de llamas y 3,3 millones de alpacas, la producción total de fibras de camélidos supera los 5 millones de kilogramos anuales. Cerca del 30% de la producción de fibra se transforma y es usada a nivel de predio o comunidad. Alrededor del 80% de la alpaca comercializada es de color blanco y tan sólo el 12% tiene diámetros de fibra menores a los 23 micrones [2].

El valor de la fibra textil está dado, fundamentalmente, por su finura promedio además de otras propiedades que hacen a establecer su cotización tales como el índice de confort PF (*Prickle Factor*) que constituye el porcentaje de fibras con diámetros mayores a 32 micrones, la presencia o ausencia de medulación¹, el crimpado² y la forma y altura de las escamas [5]. Para determinar una medida satisfactoria de calidad de la fibra textil de origen animal, además de tener en cuenta defectos obvios como la pigmentación y la presencia de fibras atípicas o meduladas [6], la característica de mayor importancia es el diámetro medio. Fibras más finas tienen más aplicaciones industriales y en consecuencia tienen mayor valor económico [7]. La fibra de llama integra el grupo de “fibras especiales”, segmento del Mercado de lujo o de productos exclusivos en países de Europa, Asia y Norteamérica. De manera contrastante, la llama y su ganadería forman parte de la vida tradicional, cultural y económica de muchas comunidades de la región Alto-Andina. En la Argentina, constituye una de las actividades productivas y económicas más importantes para la región del noroeste argentino (NOA), el 95% se concentra en las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca. El sistema de producción originario está, en su mayoría, en manos de productores de fibra en emergencia social, y es controlado por intermediarios y empresas textiles que compran la fibra a valores subvaluados para exportarla como material prima y productos semielaborados [3].

III. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los problemas más importantes que se presenta, en el mercado textil, es poder determinar la distribución del diámetro y la forma de la fibra como parámetro de calidad [8], además de otros factores. En nuestro país aún existe poca información sobre los valores de Coeficiente de Variación de diámetros de fibra (CV) e índice de confort [9] que permita

¹ La medulación constituye un canal hueco en el centro de la fibra que supone un problema importante para la industrialización, especialmente en el teñido, porque causa una mayor refracción de la luz haciendo aparecer a las fibras teñidas más claras.

² El crimpado u ondulado, se refiere a un efecto mecánico producido justamente para lograr cohesión entre fibras iguales. Este factor se relaciona con la capacidad hidrófuga (absorción de humedad) de la fibra

lograr mejoras genéticas por selección y elevar el porcentaje de especímenes con diámetros menores a los 23 micrones.

Desde el punto de vista social, la diversidad de los productores involucrados en la producción de fibras hace que coexistan sistemas altamente tecnificados con sistemas de muy bajo nivel de tecnificación. El margen para cerrar las brechas entre tecnología conocida y aplicada en los diferentes sistemas de producción es todavía muy grande. Productores de mohair organizados para la comercialización y el mejoramiento genético venden su fibra a un precio 60% mayor al que lo hacen otros productores (resultado de ventas de diciembre 2010) [10]. La evolución de la adopción tecnológica es lenta en los sistemas ganaderos extensivos. Superada la crisis lanera internacional de los noventa, muchos productores de ovinos han mejorado sus instalaciones y condiciones de manejo, incluyendo prácticas de producción más sustentables. En años recientes se han acentuado las diferencias tecnológicas en algunas regiones. Los principales avances esperables a mediano plazo son la especialización y la intensificación de la producción que incluye el uso de nuevas tecnologías y métodos de comercialización más sofisticados. Estos avances se basan en el uso de tecnologías de información y comunicación (TICs) para mejorar la información y capacitación de todos los actores de la cadena. En particular se espera que la comercialización de fibras y de animales progresivamente se base en evaluaciones objetivas y que esa información, junto a la de mercado esté al alcance del productor.

Tradicionalmente se usaban microscopios de proyección conocidos como *lanómetros* para medir los diámetros de un número determinado de fibras, y a partir de éstos calcular el promedio de diámetros de fibra (PDF) de la muestra analizada. Pero la medición manual de cada fibra limita su utilización a un número grande de muestras y a una mayor proporción de fibras por muestra [9]. El desarrollo del *Air Flow* [10] como instrumento de medición rápido y preciso, constituyó un avance importante para generalizar el análisis de muestras de vellones individuales. Con *Air Flow* se obtiene el PDF de la muestra, como resultado de un gran número de fibras, pero nada informa este instrumento de la frecuencia de los distintos diámetros presentes en la muestra [9], parámetro que resulta de gran valor en la determinación de calidad del producto. En los últimos años se ha extendido el uso de nuevos instrumentos de determinación de diámetro de fibras como OFDA® (*Optical Fiber Distribution Analyser*) [11] basado en un analizador de imágenes de muestras de fibra y *Sirolan Laserscan*® [12], un lector de fibras por rayos laser. Ambos instrumentos miden en forma rápida y precisa los diámetros de una gran cantidad de fibras, y a través de programas de computación propietarios, grafican la distribución de frecuencia de los diámetros medidos calculando el diámetro promedio. Las muestras utilizadas en estos procesos de medición, se basan en cortes de vellón de aproximadamente 2 mm de longitud y la medida se obtiene a partir de la captura de diámetros longitudinales. Sin embargo, estos instrumentos no resultan ser del todo propicios para lograr los objetivos planteados ya que requieren de cierta capacitación técnica para su uso y el costo de equipo excede, ampliamente, lo que los productores rurales podrían afrontar.

Investigaciones biomecánicas más recientes, demuestran que el análisis del corte transversal provee mediciones más

directas y exactas de la finura y madurez de la fibra, usualmente utilizadas para validar y calibrar otras medidas indirectas de estas propiedades esenciales [8]. A pesar de su importancia e interés, los métodos transversales para análisis de imágenes, no se aplican más ampliamente aún a las mediciones de calidad, debido al complejo procesamiento de las imágenes que se obtienen en laboratorio por microscopía de escaneo electrónico (SEM) o por requerir de la intervención de un operador calificado que efectúe manualmente la selección de los diámetros a medir, empleándose un software propietario de análisis de imagen como *SigmaScan Pro 5.0* para procesar el corte transversal de la fibra, lo que introduce un considerable error en las mediciones y acarrea la indeseable característica de ser irrepetible.

Dada la gran variación de diámetros que tienen las diversas fibras animales e incluso vegetales, existen además, dos grandes problemas a considerar: la exactitud y la precisión. Se trata de un concepto físico y uno estadístico respectivamente. La exactitud es la relación entre la medida que hace el aparato y la verdadera medida (en grado de definición en el caso de los microscopios) y la precisión, la repetición, o sea, la relación entre las sucesivas secciones de medida que se pueden hacer (es decir, cómo las medias o promedios de las sucesivas medidas se acercan a las obtenidas previamente). También se determinan, en forma estadística, el desvío estándar y el coeficiente de variación de diámetro de las fibras medidas en cada sección [13].

La evolución en los modelos y algoritmos de procesamiento de imágenes en fibras textiles, comienzan con algunos trabajos sobre fibras de algodón que demuestran que las propiedades más relevantes pueden medirse a partir de imágenes microscópicas capturadas en cortes longitudinales y/o transversales. Huang et al. [14] analiza el proceso de medición en el que la imagen de una fibra en corte longitudinal, capturada con diferentes condiciones de iluminación y enfoque, es convertida a escala binaria. Bajo estas condiciones, aquellas fibras con bordes borrosos tienen bandas mucho más anchas, lo que puede crear problemas para identificar los bordes correctamente. Para asegurar medidas geométricas confiables, las fibras en escala de grises deben estar razonable y consistentemente identificadas, sin importar las condiciones de la captura de la imagen [15]. En el trabajo de Huang et al., citado anteriormente, se utiliza una técnica llamada *Umbral Adaptativo*, que consiste en la colocación de un umbral dinámicamente ajustado para separar objetos de fondo. Sobre la imagen resultante, se trazan los bordes y se realiza un escaneo y validación de escaneo transversal para obtener una medida aproximada del diámetro promedio. Ya que resulta difícil mantener bien enfocadas las imágenes, las fibras con contornos borrosos pueden causar errores en las mediciones debido a la dificultad para localizar apropiadamente estos bordes [16]. Las fibras frecuentemente se cruzan o se tocan en las imágenes analizadas y las medidas tomadas en los cruces pueden generar serias distorsiones en los datos medidos. Además, debido a que las fibras se encuentran usualmente retorcidas, los bordes se hallan fuertemente curvados, lo que añade errores en la estimación de diámetros a lo largo del corte [17].

En un trabajo reciente se desarrolló un sistema que permite procesar la imagen del corte transversal de fibra textil de origen animal y proporciona una medida promedio del diámetro de las fibras [18]. Este sistema, útil para la determinación del diámetro promedio y otras medidas importantes como el PF, requiere un preparado previo de la muestra sobre un portaobjetos. Este procedimiento llevado a cabo en laboratorio, está lejos de ser implementado en situación de campo donde la información para determinar la calidad de la fibra se requiere para la negociación del producto final.

IV. PROPUESTA DESARROLLADA

A. Objetivos

La propuesta consiste en el desarrollo de un método que permita procesar una imagen del corte longitudinal de fibra textil de origen animal y proporcione una medida promedio del diámetro de las fibras, a bajo costo y de fácil implementación en situación de campo. El presente trabajo intenta contribuir en el proceso de obtención de medidas de diámetros de fibra confiables para soportar indicadores de calidad de la fibra. Además, pretende constituirse en una herramienta útil y accesible que dará respaldo a las investigaciones científicas que se llevan adelante para intervenir en proyectos de desarrollo y promoción humana, y así conducir planes y formular recomendaciones viables para evitar la degradación de los recursos naturales y soslayar problemas de pobreza, marginalidad, emigración y desarraigo entre otros. Finalmente, intenta proporcionar una solución adecuada que permita difundir las cualidades de sustentabilidad para avalar comercialmente los productos textiles de la región.

El aporte fundamental en cuanto a innovación tecnológica radica en la utilización de algoritmos de procesamiento y reconocimiento, que permiten disminuir los errores debido a bordes borrosos presentes en la captura y la distorsión en los resultados ocasionados por el entrecruzamiento de fibras.

B. Descripción

Tendiente a desarrollar un método de fácil aplicación en situación de campo y con el objeto de validar los resultados obtenidos por los algoritmos propuestos, se efectuaron los primeros ensayos sobre un conjunto de imágenes preparadas y medidas por personal técnico del laboratorio del SUPPRAD. Las imágenes de corte longitudinal de fibra (de distintos especímenes) constituyen una base de datos propia del mencionado laboratorio. En la figura 1 puede verse una imagen típica que consiste en un grupo de fibras colocadas en un portaobjetos, suspendidas en una solución que forma un polímero acrílico (acrilato). La muestra se expone en un microscopio de laboratorio y la imagen es capturada mediante una cámara digital adosada al mismo. El procedimiento de preparación y captura de la muestra introduce una coloración y tonalidad de contraste que no es siempre uniforme. Como puede comprobarse, además, la distribución azarosa de los objetos en la muestra deviene en múltiples entrecruzamientos. Al no encontrarse las fibras distribuidas sobre un mismo plano focal, algunas de ellas presentan bordes difusos. Se detectan otros elementos e impurezas propias del acrilato así como partículas de polvo que, en algunos casos, se superponen a las fibras en cuestión.

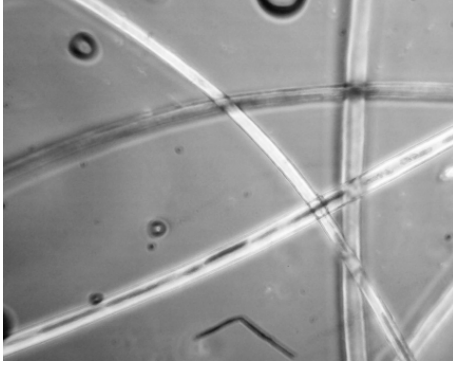


Fig. 1. Captura original de un corte longitudinal de fibra de camélido³

A partir de una imagen típica en escala de grises, se aplica un algoritmo de mejoramiento cuyo objetivo es perfeccionar topológicamente su estructura. Se utiliza un filtro de Gabor, técnica que combina dos capacidades de filtrado: una en el dominio espacial y otra en el de frecuencia. Es esta característica específica la que se explota para mejorar la estructura de la imagen. La base de esta técnica se encuentra en una de las aplicaciones más recientes que muestran diversas técnicas donde se filtra con Gabor en el dominio de frecuencia para mejorar la estructura de huellas dactilares [19]. Tradicionalmente se asume que la estructura paralela de crestas y valles, en huellas dactilares, recorrida ortogonalmente a la orientación local de las líneas de crestas, conforman una onda plana de forma sinusoidal combinada con ruido. Esto supone que la señal ortogonal a la orientación local de las crestas es aproximadamente una onda sinusoidal discreta, con lo que sería suficiente sintonizar el filtro a la orientación local y a la frecuencia de la onda conformada por las crestas y valles para poder eliminar el ruido y restablecer la estructura paralela de crestas y valles de la huella original. Siguiendo el trabajo de Yang et al. en [20] se aplica este enfoque, teniendo en cuenta que las fibras pueden ser consideradas como dos, tres y hasta cuatro crestas paralelas según se trate de fibras meduladas o no meduladas (en algunos casos, dependiendo del ancho de la médula, ésta se presenta en la imagen agregando una o dos crestas paralelas a los bordes de la fibra).

Uno de los problemas al aplicar un filtro de Gabor tradicional es que en muchas regiones no siempre se cumple que la onda conformada sea una onda plana sinusoidal pura. Otro de los problemas encontrados es que la desviación estándar de las funciones gaussianas tienen que ser elegidas de forma empírica, haciendo el filtro dependiente de la imagen a ser filtrada.

La componente real con simetría par de un filtro de Gabor bidimensional viene dada por:

$$g(x, y, T, \phi) = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x_\phi^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_\phi^2}{\sigma_y^2} \right) \right] \cos \left(\frac{2\pi x_\phi}{T} \right) \quad (1)$$

con

³ Imagen preparada y obtenida en el Laboratorio del SUPPRAD. Facultad de Veterinaria. UCC

$$x_\phi = x \cos \phi + y \sin \phi \quad (2)$$

$$y_\phi = -x \sin \phi + y \cos \phi \quad (3)$$

Donde ϕ es la orientación del filtro de Gabor, T es el período de la onda sinusoidal plana, σ_x y σ_y son las desviaciones estándar de la envolvente Gaussiana con respecto al eje x y al eje y respectivamente.

La modificación propuesta por Yang et al. consiste en reemplazar la función dada por $\cos(x, T)$ en (1) por una función periódica $F(x, T_1, T_2)$. Esta función implementa dos funciones sinusoidales con diferentes períodos T_1 y T_2 . De manera tal que las partes por encima del eje x consisten de una función coseno con período T_1 y las partes por debajo del eje x consisten de una función coseno con período T_2 .

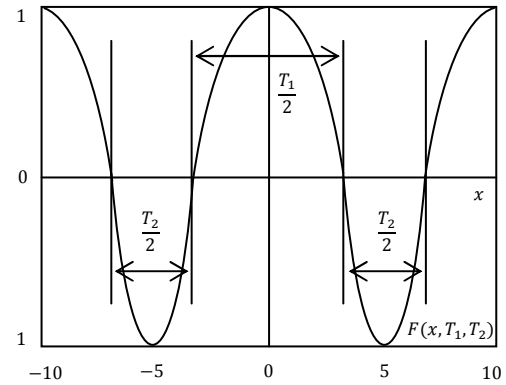


Fig. 2. Representación gráfica de la función periódica $F(x, T_1, T_2)$.

La representación en frecuencia del filtro de Gabor con esta modificación ya no es la de un filtro pasa banda que deja pasar sólo una componente central de frecuencia, sino un filtro pasa banda asociado con una serie de filtros pasa baja. La ventaja es que esta en esta representación se deja pasar las componentes de baja frecuencia útiles.

Una vez planteado el filtro de Gabor modificado, se seleccionan los parámetros adecuados tales como la orientación ϕ , extendiendo el método tradicional centrado en bloques a un esquema centrado en píxeles para estimar en un bloque de tamaño $w \times w$ la orientación del mismo. Luego se pasa un filtrado gaussiano direccional 1-D adicional en cada pixel sobre su orientación, para remover ruidos. La selección de los períodos T_1 y T_2 son la clave para determinar las crestas y valles (T_1 como el doble del ancho local de la cresta y T_2 como el doble del ancho local del valle) asumiendo un tamaño máximo que corresponda al objeto (cresta o valle) esperable para una fibra. Los períodos de crestas y valles varían lentamente en una vecindad local, por lo que un filtro pasa baja es usado para remover las variaciones bruscas en éstos.

La determinación de un píxel como valle o cresta se realiza calculando un valor medio de la intensidad de los píxeles dentro del bloque y se selecciona un umbral adecuado para la clasificación en estas dos categorías. La selección de σ_x y σ_y sirve para controlar el ancho de banda de la frecuencia espacial. Este es un valor definido empíricamente. Un ancho de banda muy grande puede incrementar el ruido y un ancho de

banda muy angosta tiende a suprimir parte de la señal útil. Mientras que σ_y determina el grado de suavizado a través de la orientación local, σ_x influye en el grado de mejoramiento del contraste entre las crestas y los valles. Una vez establecidos σ_x y σ_y los valores son aplicables a todas las imágenes de corte longitudinal. Como el tamaño de la máscara de convolución incide en el desempeño del filtrado y en el costo computacional, el filtrado de la imagen se ejecuta variando el tamaño de la máscara de convolución pixel a pixel para obtener un resultado más preciso.

Para lograr la separación de los objetos de interés y evitar la distorsión de los resultados causados por el entrecruzamiento de las fibras, se utiliza un algoritmo de Memoria Temporal Jerárquica (HTM) [21]. Este algoritmo almacena los patrones a ser reconocidos en un formato invariante. Cuando se ha aprendido a leer, las fibras pueden ser reconocidas en cualquier ángulo, perspectiva o condición luminosa. La organización jerárquica de este modelo permite descomponer la complejidad en el reconocimiento de los objetos a medir, haciendo que los niveles más bajos aprendan las características básicas que se usan como bloques de construcción de niveles superiores para representaciones más complejas y la detección de casos especiales tales como el de fibras meduladas.

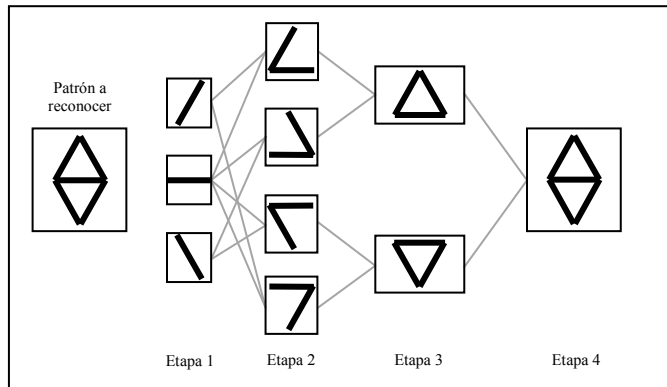


Fig. 3. Principios de una extracción jerárquica de características.

Se le da a la red la tarea de separar y reconocer las fibras mediante un mecanismo atencional que localiza el patrón que se encuentra en una posición arbitraria solucionando el problema de solapamiento o entrecruzamiento. Para ello, existe una capa extra W_{cx} entre la imagen y la primera capa de la red U_{cx} que recibe la señal de entrada y funciona como un atenuador de cada uno de los pixeles de la imagen de entrada. Mediante un mecanismo llamado de *fatiga* [22] y alterando secuencialmente la zona de búsqueda, es posible lograr el reconocimiento individual de cada fibra. Cuando una neurona W_c se activa, envía una señal a la correspondiente neurona de la primera capa de la red U_c para que incremente la ganancia, cómo sólo existen señales de vuelta cuando un patrón es reconocido (o una parte de él) sólo las partes identificadas son favorecidas por este incremento. Un controlador de búsqueda se usa para limitar la zona de búsqueda y centrarla en un patrón específico, cada vez que se encuentra uno aumenta la ganancia de las neuronas que lo manejan y disminuye en el resto. El mecanismo de fatiga consiste en que, luego de incrementar

considerablemente la ganancia sólo puede mantenerse mientras exista una fuerte señal del control de la ganancia, cuando éste desaparece la ganancia de la neurona disminuye a niveles mínimos y tarda un tiempo determinado en recuperarse, normalmente largo, para que puedan tratarse el resto de los patrones de la imagen y no se repita ninguno. Para cambiar de objeto a reconocer deben cumplirse dos condiciones: (a) sólo debe haber una neurona activada en la capa superior, (b) la actividad existente en la capa U_c final debe ser estable. Al cumplirse estas condiciones, se envía una señal al módulo de atención que hace que se corten las señales de control de ganancia por un corto período de tiempo, pero suficiente para que se produzca la fatiga de las neuronas.

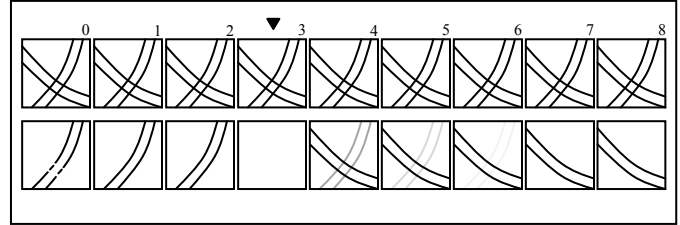


Fig. 4. Un ejemplo esquemático de entrecruzamiento de fibras procesadas por una implementación del algoritmo anteriormente descrito.

Una vez identificadas las fibras a medir se realiza otro escaneo y validación de escaneo transversal para obtener una medida aproximada del diámetro promedio sobre cada una de ellas.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El desempeño del algoritmo adaptado del filtro de Gabor en la detección de bordes de las muestras fue mayor al del filtro de Gabor tradicional, obteniéndose una imagen mejorada con una estructura más uniforme que la imagen original, definiendo adecuadamente los límites entre los bordes de la fibra (tomados como crestas) y el fondo e interior de las mismas (tomado como valles).

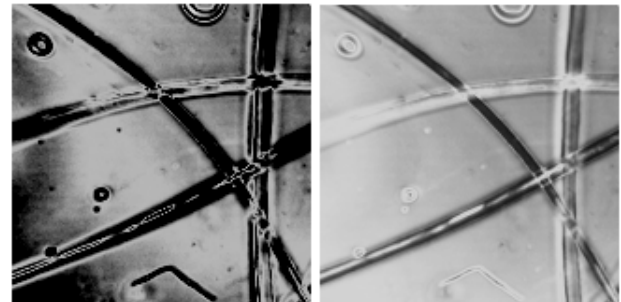


Fig. 5. Un filtro de Gabor tradicional (izquierda) y el filtro de Gabor modificado (derecha).

En este estudio se entrenó la red con un patrón simple (fibras no meduladas) para la extracción jerárquica de características de una fibra. Una vez reconocido el patrón y ajustado sobre la lista de pixeles que conforman el mismo, se obtuvo la estructura de la fibra sobre la cual, mediante algoritmos geométricos, se obtuvo el valor del diámetro promedio.

VI. CONCLUSIONES

El método resulta satisfactorio principalmente porque las mediciones que se obtienen en pixeles, con la equivalencia de aumento del microscopio con el que se capturaron las imágenes en el laboratorio del SUPPRAD, resultan en valores adecuados para el radio promedio de las fibras, en comparación con los obtenidos a partir de otros métodos de medición y los obtenidos por los métodos estudiados en [16].

Si bien en esta primera etapa la Memoria Temporal Jerárquica fue entrenada con un patrón simple, su versatilidad hace posible separar e identificar patrones correspondientes a fibras meduladas para medir el diámetro y largo de la médula, analizar su fragmentación y obtener otros parámetros morfológicos importantes y útiles en la definición de la calidad de la fibra.

Por último, y atendiendo la problemática de situación de campo que presenta la determinación de la calidad de la fibra a partir del conocimiento de su finura, el método es útil ya que puede adaptarse a imágenes obtenidas a partir de diversos medios de captura. Presentando buenas características de rendimiento y bajo costo de equipo.

VII. TRABAJO FUTURO

En adelante se plantea concentrar esfuerzos en la evolución de la metodología de reconocimiento y entrenamiento de la Memoria Temporal Jerárquica para identificar diversos patrones y tratarlos individualmente según se requiera. Mejorar la velocidad del algoritmo propuesto para lograr determinar con mayor precisión los bordes difusos y contrastar su rendimiento y resultados con diversos parámetros experimentales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Eduardo Frank por la generosidad con que nos brindó su tiempo y conocimiento, que sirvieron de guía en este trabajo. Agradecemos también a los revisores anónimos por sus significativas y constructivas críticas y sugerencias, las cuales contribuyeron a mejorar la calidad de este trabajo.

REFERENCIAS

[1] J. Ford y W. Roff, "Identification of textile and related fibers", *Journal of the Textile Institute Transactions*, 45:580-611, 1954.

[2] SUPPRAD, Programa de Sustentabilidad Productiva de Pequeños Rumiantes en Áreas Desfavorecidas, UCC, Facultad de Veterinaria, 2013.

[3] M. Cafagnini, P. Marino, N. Jater, G. Escobar, C. Takashima, C. Berterreix, J. Szombach, M. Olivero, R. Pacheco, "Desarrollo tecnológico de procesos y productos innovadores para la cadena de valor de camélidos", INTI Textiles, INTI Mecánica, UTN Bs. As., 2013.

[4] Programa Nacional Fibras Animales, Documento Base actualizado a noviembre de 2011. INTA, 2011.

[5] O. Adot, "Introducción a la industrialización de la lana y las fibras especiales", Documento Interno SUPPRAD N°2, 2010.

[6] A. Cancio, G. Rebuffi, J. Muller, L. Duga, F. Rigalt. "Parámetros cualitativos de la producción de fibras de llamas (Lama Gama) machos en la puna argentina", INTA EEA Bariloche, INTA AER Trancas, INTA EEA Catamarca, Comunicación Técnica, PA 492, 2006.

[7] J. Muller, "Objetivos de mejoramiento genético para rumiantes menores", INTA EEA Bariloche, Comunicación Interna, PA 238, 1993.

[8] E. Frank, "Camélidos sudamericanos. Producción de fibra, bases físicas y genéticas", *Revista Argentina de Producción Animal*, Vol. 28, pp. 112-119, 2008.

[9] J. Muller, "Novedades en la determinación del diámetro de fibras de lana y su relevancia en programas de selección", INTA EEA Bariloche, Comunicación Técnica, pp.330, 2002.

[10] R. Rodríguez Iglesias, "Principales características que afectan el valor textil de la lana. Producción ovina", Departamento de Agronomía, UNS. Rev 30/10/07, 1998.

[11] K. Qi, C. Lupton, F. Pfeiffer, D. Minikhiem, "Evaluation of the optical fibre diameter analyser (OFDA) for measuring fiber diameter parameters of sheep and goats", *Journal Animal Sci.* 72:1675-1679, 1994.

[12] J.C. Guzmán, J.L. Aliaga, "Evaluación del método de clasificación del vellón en ovino Corriedale (Ovis Aries) en la Sais Pachacutec", *Producción Animal*, Facultad de Zootecnia UNALM, 2010.

[13] E. Frank, M. Hick, A. Prieto, M. Castillo, "Metodología de identificación cualitativa y cuantitativa de fibras textiles naturales", Documento Interno SUPPRAD N°1, 2009.

[14] Y. Huang, B. Xu, "Image analysis for cotton fibers. Part I: longitudinal measurements", *Textile Research Journal*, 72(8), 713-720, 2002.

[15] B. Xu, Y. Ting, "Fiber image analysis. Part I: Fiber image enhancement", *Textile Research Journal*, 87, 274-283, 1996

[16] B. Xu, Y. Ting, "Fiber image analysis. Part II: Measurement of general geometric properties of fibers", *Textile Research Journal*, 87, 274-283, 1996.

[17] D. Rojas, "Caracterización del espesor de las fibras de alpaca basada en análisis digital de imágenes", *Electrónica-UNMSM*, N° 17, 2006.

[18] M. Arcidiácono, L. Constable, J.C. Vázquez, "Software para determinación de calidad de fibra textil", Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, UTN. FRC, 2013.

[19] T. Li, J. Chen, "A fingerprint image enhancement method based on Gabor filter", *IEEE Mechanic Automation and Control Engineering (MACE)*, Second International Conference on 2011, pp 3773 – 3776, 2011.

[20] J. Yang, L. Liu, T. Jiang, Y. Fan, "A modified Gabor filter design method for fingerprint image enhancement", *National Laboratory of Pattern Recognition*, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, 2002.

[21] J. Hawkins, G. Dileep, "Hierarchical Temporal Memory, concepts, theory, and terminology", *Numenta Inc.*, 2007.

[22] K. Fukushima, "A hierarchical neural network model for selective attention", in Eckmiller, R. and von der Malsberg, C. [Eds], *Neural Computers*, 80-90, Springer-Verlag, Berlin, 1988.