



RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias

ISSN: 0325-8718

ISSN: 1669-2314

revista.ria@inta.gob.ar

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Argentina

MENDOZA, S.M.

Caracterización de residuos agroindustriales de algodón mediante
espectrometría de emisión atómica de plasma por microondas

RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 47, núm. 1, 2021, -, pp. 71-81

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Buenos Aires, Argentina

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86468100006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Recibido 13 de diciembre de 2018 // Aceptado 02 de agosto de 2019 // Publicado online 26 de mayo de 2021

Caracterización de residuos agroindustriales de algodón mediante espectrometría de emisión atómica de plasma por microondas

MENDOZA, S.M.¹

RESUMEN

La actividad agroindustrial genera grandes cantidades de subproductos vegetales que se consideran residuos por su escaso valor comercial. Durante el proceso de desmote de algodón se generan residuos lignocelulósicos que son atractivos para la producción de energías alternativas. Para optimizar esta aplicación resulta necesario contar con datos técnicos actualizados. Por ello, este trabajo presenta los resultados obtenidos al caracterizar distintas fracciones de residuos de desmote de algodón y limpieza de semillas mediante la técnica de espectrometría de emisión atómica de plasma por microondas. Se muestra el potencial de la técnica analítica para estudiar este tipo de materiales y se reporta sobre la presencia de constituyentes minerales y contaminantes tales como K, Ca, P, Mg, Na, Al, Fe, Mn, Zn, Cr y Pb.

Palabras clave: residuos de algodón, desmote de algodón, análisis químico elemental, MP-AES.

ABSTRACT

The agro-industrial activity generates large amounts of vegetable by-products, which are considered waste due to their low commercial value. The cotton ginning process generates lignocellulosic residues that are attractive for the production of alternative energies. Optimization of this application requires updated technical data.

Therefore, this work presents the results from the characterization of different fractions of cotton gin waste and seed cleaning, using the microwave-plasma atomic emission spectrometry technique. It shows the potential of the analytical technique to study this type of materials and reports on the presence of mineral constituents and contaminants such as K, Ca, P, Mg, Na, Al, Fe, Mn, Zn, Cr and Pb.

Keywords: cotton waste, Cotton ginning, elemental chemical analysis, MP-AES.

¹Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Reconquista y CONICET. Calle 44 N.º 1000, 3560 Reconquista, Santa Fe, Argentina. Correo electrónico: smendoza@frq.utn.edu.ar

INTRODUCCIÓN

El cultivo del algodón es una actividad que se remonta a tiempos inmemoriales. El algodón se distingue entre los demás cultivos agrícolas gracias a las múltiples aplicaciones productivas que ofrece. Los principales eslabones que constituyen la cadena de valor algodonera son la producción primaria, seguida de la etapa de desmote, que luego deriva en procesos industriales donde la fibra se convierte en telas, la semilla en aceite o alimento vacuno, la fibrilla en algodón hidrófilo y el línter en excipientes medicinales, por citar algunos.

El proceso de desmote es una etapa de transformación agroindustrial del algodón en bruto que consiste principalmente en separar la fibra de la semilla. Esta etapa se lleva a cabo en las desmotadoras, que reciben y concentran la cosecha de los productores primarios de su región. La fibra es preparada y prensada en fardos para luego ser comercializada. La semilla tiene varios destinos, como por ejemplo la industria aceitera, el uso ganadero como forraje y la siembra. El proceso de desmote genera un volumen importante de subproductos de escaso valor, constituidos por fibrillas, restos vegetales y cascarillas. En etapas de separación posteriores, también se generan subproductos lignocelulósicos, eventualmente más ricos en cascarillas o bien en fibras. Tal es el caso del deslizado, proceso agroindustrial por el cual se extrae el línter (fibras muy cortas) de la semilla.

A menudo los subproductos que derivan de la actividad agrícola se tratan como residuos ya que suelen tener poco valor comercial. La producción algodonera no es ajena a esta situación. En la etapa de desmote se generan residuos en abundancia que no siempre tienen un fin específico, transformándose en un problema medioambiental, de higiene y seguridad. La acumulación de residuos del desmote de algodón tradicionalmente se solía mitigar mediante incineración a cielo abierto o mediante rellenos de terrenos. Pero estas prácticas ya no son aceptables debido a su impacto negativo sobre el medioambiente (Zabanio-tou *et al.*, 2000). De manera alternativa, han sido utilizados para hacer composta (Tejada *et al.*, 2003), como fuente de biomasa para abastecer sistemas de gasificación, y como fuente de fibra en dietas de engorde de ganado (Arroquy, 2018). Actualmente se están llevando adelante diversas líneas de investigaciones destinadas a mejorar la producción de bioetanol, a la generación de energía por biodigestión y a lograr aplicaciones de mayor valor agregado (Shen *et al.*, 2008; Holt *et al.*, 2000). Es así que resulta imprescindible contar con datos técnicos que permitan optimizar el uso de estos subproductos. Entre los datos técnicos de interés, un aspecto importante es conocer la composición química elemental. Si bien existe literatura general acerca de la composición química de materiales lignocelulósicos, no hay reportes actualizados sobre las características de la producción algodonera de la región Litoral de Argentina.

Entre las técnicas analíticas que se pueden utilizar para determinar la composición química elemental de un material, la espectrometría de emisión atómica de plasma por

microondas (MP-AES) es de particular utilidad. Es una nueva herramienta analítica que permite realizar el análisis multielemental de muestras para identificar metales y algunos no metales. Vale mencionar que, al igual que las técnicas analíticas de su tipo, no permite determinar no metales, tales como oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y carbono. En comparación con las técnicas analíticas instrumentales más difundidas, MP-AES produce espectros más simples que la espectrometría de emisión atómica de plasma por acoplamiento inductivo (ICP-OES) y ofrece una mayor sensibilidad que la obtenida a través de espectros de absorción atómica de llama (Li *et al.*, 2013). Además, MP-AES es más económica que ICP-OES porque utiliza nitrógeno en vez de argón como gas de soporte del plasma. Permite analizar muestras originalmente líquidas o sólidas (previamente digeridas) con una resolución de partes por millón y límites de detección que en muchos casos llega a partes por billón (Karlsson *et al.*, 2015).

En este trabajo se aplica la técnica MP-AES para caracterizar distintas fracciones de residuos lignocelulósicos provenientes de la producción algodonera, generadas durante las etapas de desmote y deslizado. Se reporta sobre la presencia de constituyentes minerales y contaminantes tales como Na, Ca, P, K, Mg, Al, Fe, Mn, Zn, Cr y Pb. También se brinda información acerca del contenido de sólidos totales y de cenizas. Los resultados corresponden a subproductos lignocelulósicos agroindustriales, originados en la región Litoral de Argentina, uno de los principales territorios de Sudamérica dedicados a la producción algodonera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Se caracterizaron muestras de residuos agroindustriales de algodón en función de su composición química elemental y contenido de cenizas. Las muestras se obtuvieron de uno de los centros industriales que recibe y procesa la mayor producción algodonera de la región Litoral de Argentina, por lo que se asume que son representativas de dicha región. Se analizaron muestras de tres fracciones distintas de residuos, las cuales se generaron en diferentes etapas de procesamiento:

- residuo primario del desmote de algodón: originado en la desmotadora durante la primera etapa de separación de las fibras y las semillas;
- residuos con alto contenido de cascarillas: provenientes de etapas posteriores de separación en la desmotadora;
- residuo del proceso de deslizado: generado durante la limpieza de semillas de algodón y extracción de línter.

Análisis químico elemental

El análisis se llevó a cabo mediante MP-AES a partir de la cenizas de cada muestra, con un equipo marca Agilent, modelo 4200. El instrumento se equipó con una tor-

cha estándar con inyector de tubo de cuarzo, una cámara de nebulización ciclónica de paso doble y un nebulizador concéntrico. Para las determinaciones, se testearon varias líneas espectrales de cada elemento y se seleccionaron aquellas que mostraron ausencia de interferencias (tabla 1). Luego, la cuantificación se realizó mediante calibración de la intensidad de cada señal espectral, utilizando soluciones patrones multielementales.

Elemento	Longitud de onda (nm)
K	769.897
P	213.618
Ca	422.673
Mg	383.829
Mn	403.076
Na	589.592
Fe	259.940
Zn	481.053
Al	396.152
Si	288.158
Cr	425.433
Pb	217.000

Tabla 1. Longitudes de onda seleccionadas para cuantificar cada elemento analizado mediante MP-AES.

Digestión por microondas

Para poder realizar el análisis químico elemental, las cenizas de cada muestra fueron pesadas y tratadas por el método de digestión por microondas con ácido nítrico, durante 10 minutos a 180 °C, siguiendo el protocolo estándar USEPA 3052 (1996). Para ello, se utilizó un digestor de vaso cerrado, marca SCP Science modelo SA, que puede procesar hasta doce muestras en simultáneo. Paralelamente a la digestión de las muestras y a modo de control, se sometió a digestión la solución ácida, como blanco de reactivos.

Reactivos y soluciones de calibración

Todas las sustancias y reactivos fueron de grado analítico. Para preparar las soluciones de digestión y de calibración se utilizó agua ultrapura tipo I. Las soluciones de calibración para MP-AES se prepararon a partir de estándares multielementales marca SCP Science.

Cenizas y sólidos totales

Las determinaciones del contenido de sólidos totales y de cenizas se realizaron de acuerdo con los protocolos NREL/TP-510-42621 (Sluiter *et al.*, 2007) y NREL/TP-510-

42622 (Sluiter *et al.*, 2008), respectivamente. Para ello se utilizaron submuestras representativas de 2 gramos, que se trataron en un horno mufla por al menos 12 horas, hasta registrar pesada constante al 0,1 mg. Los valores informados son el promedio de al menos doce muestras en cada caso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante la técnica MP-AES se determinó la presencia y concentración de varios elementos químicos de las distintas fracciones de residuos de algodón. Estos elementos químicos forman parte de la fracción mineral de los residuos, ya que fueron determinados a partir de las cenizas de cada muestra. La figura 1 resume los resultados obtenidos para el caso de residuos que derivan del proceso desmote de algodón, denominado aquí residuo primario. Esta fracción contiene restos vegetales, fibrillas y cascarillas. Se representa la distribución en partes por millón (ppm) de los elementos analizados, con respecto al peso de cenizas. En la gráfica de la figura 1, "Otros" se refiere a la fracción correspondiente a elementos no analizados y se atribuye mayoritariamente a oxígeno y carbono, presentes en los óxidos y carbonatos de los que forman parte los metales. Se puede observar que los residuos de desmote poseen un alto contenido de potasio, seguido de fósforo y calcio. Las cenizas contienen además cantidades minoritarias de magnesio, sodio, hierro, manganeso, aluminio, silicio y cinc.

Además del residuo primario de desmote antes analizado, en las desmotadoras se obtienen fracciones de residuos con alto contenido de cascarillas. Se denomina comúnmente cascarilla a la parte del vegetal que sostiene el capullo de algodón. En la industria, esta fracción puede provenir de etapas de separación realizadas al residuo primario, así como también del proceso de deslintado. La

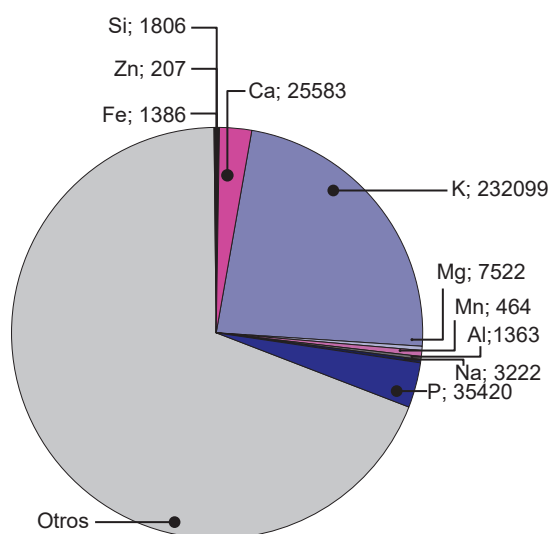


Figura 1. Composición química elemental (en ppm) determinada en cenizas del residuo primario del desmote de algodón.

composición química se muestra en la figura 2. De manera similar al caso anterior, se destaca el contenido de potasio, que aquí representa más del 25% de las cenizas. También hay un alto contenido de fósforo, magnesio y calcio. Cabe notar que esta fracción de residuos es 9 veces más rica en magnesio que el residuo primario de desmote.

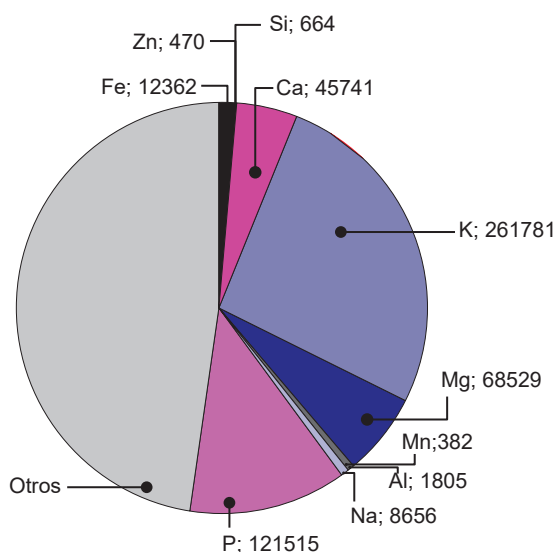


Figura 2. Composición química elemental (en ppm) determinada en cenizas de residuos con alto contenido de cascarillas.

La composición química elemental analizada en las cenizas de residuos del proceso de deslizado se muestra en la figura 3. Si bien el contenido total de metales minerales es similar al residuo primario (fig. 1), la concentración de cada elemento difiere significativamente. En este caso, la concentración de potasio es menor, pero aumenta la de fósforo, calcio y hierro.

Los resultados obtenidos están en línea con otros trabajos, como el de Vassilev *et al.* (2010), que determinaron correlaciones entre los minerales constituyentes de las cenizas, permitiendo asociar los elementos en tres grupos:

- 1) $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} + \text{TiO}_2$
- 2) $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{MnO}$
- 3) $\text{K}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{SO}_3 + \text{Cl}_2\text{O}$

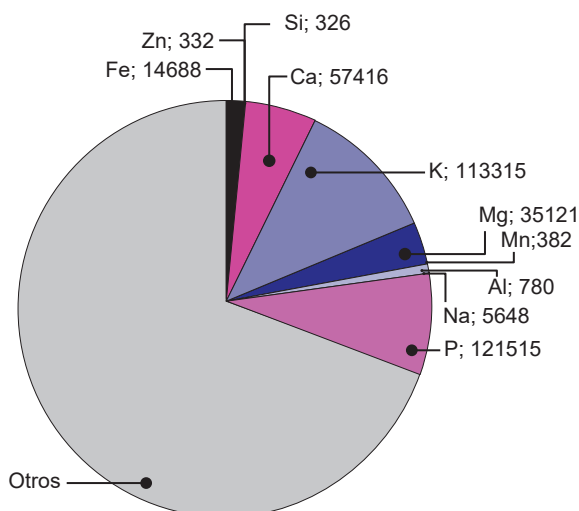


Figura 3. Composición química elemental (en ppm) determinada en cenizas del residuo proveniente del proceso de deslizado.

En las muestras aquí analizadas, el contenido de potasio es significativamente superior a los demás elementos, en concordancia con resultados previos (Vassilev *et al.*, 2010), donde también se encontró una predominancia del grupo 3 en los residuos provenientes de la actividad agrícola. Del presente trabajo se desprende que le siguen en abundancia los elementos del grupo 2 y que se encuentran en menor cantidad los del grupo 1.

En todos los casos, las muestras también revelaron trazas de cromo y plomo, en concentraciones de partes por billón (ppb). Determinar el origen de estos constituyentes antropogénicos escapa a los alcances del presente trabajo.

La tabla 2 proporciona los valores de sólidos totales y el contenido de cenizas de las distintas fracciones analizadas. Se encontró que los residuos primarios del desmote de algodón y la fracción rica en cascarillas poseen un contenido de cenizas similar. Estos resultados están de acuerdo con los rangos de valores reportados en la literatura para cultivos con valor energético (Monti *et al.*, 2008). El residuo de extracción de linter posee un contenido de cenizas muy superior, que cuatricula a los casos anteriores.

Uno de los usos inmediatos que se da actualmente a los residuos del desmote de algodón es su empleo como

Muestras	Sólidos totales (%)	Contenido de cenizas (%)
Residuo primario del desmote de algodón	89,0 ± 1,3	4,7 ± 0,2
Residuo rico en cascarillas	83,8 ± 0,8	5,8 ± 0,8
Residuo de deslizado	79,8 ± 1,0	19,2 ± 1,5
Residuo remanente en caldera	99,7 ± 0,1	17,0 ± 1,6

Tabla 2. Sólidos totales y contenidos de cenizas en diferentes fracciones de residuos.

combustible de calderas. La aplicación resulta de interés ya que reemplaza al uso de la leña, que todavía se adopta a nivel industrial. En caso de utilizar residuos vegetales como forma de energía, aquellas fracciones con mayores contenidos de cenizas y minerales tendrán más tendencias a generar escorias, incrustaciones y corrosión. Desde este punto de vista, de las tres fracciones analizadas, el residuo con alto contenido de cascarillas sería el menos indicado.

La tabla 2 también incluye el análisis del contenido de sólidos totales y cenizas de los residuos remanentes en una caldera alimentada con residuo primario de desmote. Basado en estos datos, se calculó que se aprovecha un 76% de la fracción potencialmente combustible. Para el cálculo se consideró que la totalidad de los residuos está formada por materia combustible, excepto el contenido de humedad y de cenizas.

CONCLUSIONES

El presente trabajo resume los resultados obtenidos al caracterizar residuos agroindustriales de algodón mediante la técnica de espectrometría de emisión atómica de plasma por microondas. En todas las fracciones de residuos analizadas se encontró una alta concentración de potasio. En las muestras con alto contenido de cascarillas, el potasio constituyó más del 25% de las cenizas. Se determinó que los residuos primarios del desmote de algodón poseen cenizas ricas en potasio, fósforo y calcio. Mientras que los residuos con alto contenido de cascarillas y aquellos derivados de la extracción de linter poseen además cantidades significativas de magnesio. Otros elementos presentes en concentraciones minoritarias son sodio, hierro, manganeso, aluminio, silicio y cinc. Se confirmó también la existencia de trazas de cromo y plomo.

Complementariamente, se indagó acerca de la eficiencia del uso del residuo primario del desmote de algodón como combustible de calderas. Se encontró que, del material introducido en la caldera, aproximadamente $\frac{3}{4}$ parte fue utilizado para generar energía, quedando el resto como residuo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó mediante el apoyo de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

- ARROQUY, J.I. 2018. Uso de subproductos de planta de algodón como fuente de fibra en dietas de engorde a corral. *RIA* 44 (1), 23-29.
- HOLT, G.A.; BARKER, G.L.; BAKER, R.V.; BRASHEARS, A. 2000. Characterization of cotton gin byproducts produced by various machinery groups used in the ginning operation. *Transactions of the ASAE* 43(6), 1393-1400.
- KARLSSON, S.; SJÖBERG, V.; OGAR, A. 2015. Comparison of MP AES and ICP-MS for analysis of principal and selected trace elements in nitric acid digests of sunflower (*Helianthus annuus*). *Talanta* 135, 124-132.
- LI, W.; SIMMONS, P.; SHRADER, D.; HERRMAN, T.J.; DAI, S.Y. 2013. Microwave plasma-atomic emission spectroscopy as a tool for the determination of copper, iron, manganese and zinc in animal feed and fertilizer. *Talanta* 112, 43-48.
- MONTI, A.; DI VIRGILIO, N.; VENTURI, G. 2008. Mineral composition and ash content of six major energy crops. *Biomass and Bioenergy* 32 (3) 216-223.
- SHEN, J.; AGBLEVOR, F.A. 2008. Optimization of enzyme loading and hydrolytic time in the hydrolysis of mixtures of cotton gin waste and recycled paper sludge for the maximum profit rate. *Biochemical Engineering Journal* 41 (3), 241-250.
- SLUITER, A.; BAHMES, B.; HYMAN, D.; PAYNE, C., RUIZ, R.; SCARLATA, C.; SLUITER, J.; TEMPLETON, D.; WOLFE, J. 2007. Determination of Total Solids in Biomass and Total Dissolved Solids in Liquid Process Samples. Technical Report NREL/TP-510-42621. National Renewable Energy Laboratory.
- USEPA 2052. 1996. SW-846 TEST METHOD 3052. Microwave Assisted Acid Digestion of Siliceous and Organically Based Matrices. (Disponible: <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-3052-microwave-assisted-acid-digestion-siliceous-and-organically-based> verificado: diciembre 2018).
- TEJADA, M.; GONZALEZ, J.L. 2003. Effects of the application of a compost originating from crushed cotton gin residues on wheat yield under dryland conditions. *European Journal of Agronomy* 19 (2), 357-368.
- VASSILEV, S.; BAXTER, D.; ANDERSEN, L.K.; VASSILEVA, C.G. 2010. An overview of the chemical composition of biomass. *Fuel* 89, 913-933.
- ZABANIOTOU, A.A.; ROUSSOS, A.I.; KORONEOS, C.J. 2000. A laboratory study of cotton gin waste pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 56 (1), 47-59.

Recibido 14 de mayo de 2019 // Aceptado 08 de agosto de 2019 // Publicado online 19 de mayo de 2021

Variabilidad de la calidad de lanas en la provincia de Río Negro, Argentina

GONZALEZ, E.B.¹; SACCHERO, D.M.²; EASDALE, M.H.¹

RESUMEN

En la provincia de Río Negro la producción de lana Merino se realiza en diversas condiciones ambientales. A pesar de esta realidad se desconoce la variabilidad de la calidad de lana a escala regional. El objetivo de este trabajo fue determinar los parámetros que mejor describan la variabilidad fenotípica de la calidad de lana de establecimientos ubicados en la provincia de Río Negro. Se utilizaron 113 establecimientos ubicados en dos regiones naturales de la provincia de Río Negro (Patagonia Occidental y Oriental). Se analizaron registros de análisis comerciales de los establecimientos (periodo 2002-2015) realizados por el Laboratorio de Fibras Textiles INTA Bariloche de lana Merino y de esquila preparto mediante técnicas de estadística multivariada (Componentes Principales). El primer plano factorial del análisis de Componentes Principales explicó el 60,66% de la variabilidad y los parámetros más influyentes en su formación fueron el RP, RT, DMF y MV. Los establecimientos de la Patagonia Oriental registraron lotes de lana de mayor DMF y MV, respecto de aquellos ubicados en la Patagonia Occidental. A su vez, la mayoría de los establecimientos de la Patagonia Oriental indicaron lotes de lana con menores porcentajes de RP y RT. La distribución de los establecimientos en el plano factorial sugeriría posibles asociaciones entre algunos parámetros de calidad de lana y la heterogeneidad del ambiente los cuales debieran estudiarse con mayor detalle a futuro.

Palabras clave: regiones áridas y semiáridas, producción ganadera extensiva, calidad de fibras, ovinos merino, análisis multivariados, GIS.

ABSTRACT

In the province of Río Negro the production of Merino wool takes place in diverse environmental conditions. In spite of this productive reality, the variability of wool quality at regional scale is unknown. The aim was to determine the parameters that best describe the phenotypic variability of wool quality of establishments located in the province of Río Negro. We used 113 farms located in two natural regions of the province of Río Negro (Western and Eastern Patagonia). We used data from wool samples of Merino sheep of the farms (period 2002-2015) processed by the Laboratorio de Fibras Textiles from the Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Bariloche. This data set was analysed with multivariate techniques (Principal Components). The first factorial analysis of Principal Components explained 60.66% of the variability and the most influential parameters were RP, RT, DMF and MV. The farms of Eastern Patagonia registered wools with higher DMF and MV, compared to those located in Western Patagonia. At the same time, most of the farms of Eastern Patagonia indicated wools with lower percentages of RP and RT. The distribution of the farms in the factorial plane suggested possible associations between some parameters of wool quality and the heterogeneity of the environment, which should be studied with more detail in the future.

Keywords: Arid and semi-arid regions, extensive livestock production, quality of fibers, merino sheep, multivariate analysis, GIS.

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Bariloche (IFAB), CONICET. Modesta Victoria 4450, San Carlos de Bariloche, (8400) Río Negro, Argentina. Correo electrónico: gonzalez.ezequiel@inta.gob.ar

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Bariloche. Modesta Victoria 4450, San Carlos de Bariloche, (8400) Río Negro, Argentina. Correo electrónico: sacchero.diego@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

En la región árida y semiárida de la Patagonia, la principal actividad ganadera es la cría de ovinos Merino para lana y carne. La producción de lana sigue siendo uno de los principales productos y una fuente relevante de ingresos económicos de los productores de la región (Villagra y Giraudo, 2010). Esta actividad se desarrolla en diferentes condiciones biofísicas determinadas principalmente por aspectos climáticos y por un complejo geomorfológico que dan lugar a diferentes suelos y tipos de vegetación (León *et al.*, 1998; Bran *et al.*, 2000; Jobbagy *et al.*, 2002). La estacionalidad del crecimiento de la vegetación y la variabilidad interanual de su productividad influye sobre la dinámica productiva de la actividad ganadera ya que se realiza casi exclusivamente sobre pastizales naturales (Golluscio *et al.*, 1998). Estas condiciones ambientales influyen sobre los sistemas de producción afectando índices demográficos de las poblaciones de ovinos, como la tasa de señalada (cordero logrado/madre servida) y la sobrevivencia de animales (Hall y Paruelo, 2006).

Por un lado, el ambiente puede condicionar el crecimiento de la lana y sus características de calidad. Las fluctuaciones en la disponibilidad forrajera producen una variación significativa en el crecimiento de la lana (Schlink *et al.*, 1999) y en el diámetro medio de fibras (DMF) (Adams y Briegel, 1998). El DMF puede disminuir significativamente bajo condiciones de estrés nutricional (Adams y Briegel, 1998; Sacchero *et al.*, 2011; Easdale *et al.*, 2014). Esta reducción en el DMF puede estar acompañada por una reducción de la resistencia a la tracción (RT) (Adams y Briegel, 1998; Thompson y Hynd, 1998), que afecta la calidad de la fibra ya que genera un punto de rotura potencial durante el procesamiento industrial de la lana (Elvira, 2005). Por otro lado, el ambiente donde se desenvuelve la cría de

ovinos termina repercutiendo en los contenidos de impurezas y contenidos de materia vegetal (MV) en los vellones (Lance, 2000). Por ejemplo, en regiones con vegetación arbustiva y xerófila, el contenido de materia vegetal (MV), impurezas y tierra en los vellones de los animales aumenta, disminuyendo el rendimiento al peine (RP) (Villagra y Giraudo, 2010). Este parámetro es relevante ya que nos permite conocer la cantidad de lana peinada para obtener luego del proceso industrial (Elvira, 2005). Por lo tanto, el ambiente constituye una fuente de variación en la producción y en la calidad de lana.

A pesar de la importancia que tiene la producción ovina para las regiones áridas y semiáridas de la Patagonia, se desconoce la variabilidad de la calidad de lana a escala regional. Teniendo en cuenta la influencia ambiental sobre los parámetros de lana, la heterogeneidad biofísica de la provincia de Río Negro constituye una excelente área de estudio en este sentido. El objetivo de este trabajo fue determinar los parámetros que mejor describan la variabilidad fenotípica de la calidad de lana de establecimientos ubicados en la provincia de Río Negro.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio involucra dos regiones naturales de la provincia de Río Negro: i) la Patagonia Extra Andina Occidental (Patagonia Occidental) y ii) Patagonia Extra Andina Oriental (Patagonia Oriental) (figura 1). Ambas regiones abarcan el 92,6% de la superficie provincial (Godagnone y Bran, 2009) y difieren en sus características biofísicas (Bran *et al.*, 2000; Godagnone y Bran, 2009; León *et al.*, 1998).

Se utilizaron registros anuales de análisis comerciales de lana realizados por el Laboratorio de Fibras Textiles

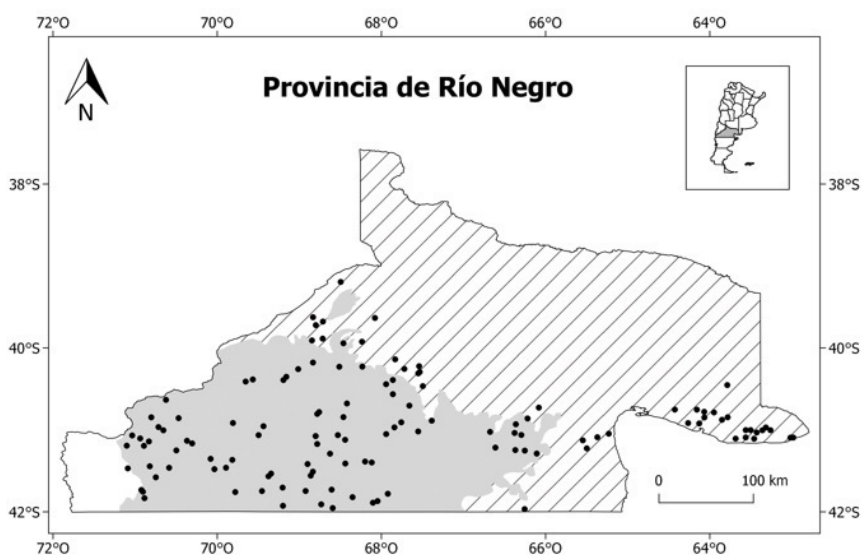


Figura 1. Área de estudio en la provincia de Río Negro, Argentina. Líneas diagonales indican la Región Natural Patagonia Oriental y con gris la Región Natural Patagonia Occidental. Puntos negros indican los establecimientos utilizados en el análisis.

INTA Bariloche de ovinos Merino y de esquila preparto bajo metodología del Programa Nacional de Calidad de Lana (PROLANA). Estos análisis se realizaron aplicando métodos de ensayo regulados por la Federación Lanera Internacional (IWTO). Para este estudio, los parámetros de calidad de lana evaluados son: Diámetro Medio de Fibras (DMF), Rinde al Peine (RP), Materia Vegetal (MV), Resistencia a la Tracción (RT) y Largo de Mecha (LM). El DMF es el promedio de los diámetros expresado en micrones (μm). El RP (%) es la cantidad de lana peinada para obtener (ej. cantidad de lana expresada como porcentaje de lana sucia) luego del proceso industrial. La determinación del RP (%) requiere primero la cuantificación de la base lana (masa seca de fibras, libre de toda materia vegetal, cenizas y de impurezas insolubles en álcali, expresada como un porcentaje de la masa de la muestra) y el MV (%) (masa seca de núcleos duros, ramitas, semillas y hojas, expresada como un porcentaje de la masa de la muestra). La RT es el promedio de la fuerza necesaria para romper una mecha de lana y se mide en Newton por Kilotex (N/ktex), y el LM (mm) representa el promedio de longitud de las mechas en un lote de lana.

El periodo de estudio contemplado incluyó desde el año 2002 hasta el año 2015 y la unidad de análisis estuvo compuesta por un conjunto de establecimientos ($n=113$) representativos de la provincia de Río Negro basado en los siguientes criterios: a) establecimientos con información georreferenciada ubicados en la provincia de Río Negro, b) ubicados en dos regiones naturales (Patagonia Occidental y Oriental), c) con disponibilidad de datos de al menos 10

años de análisis comerciales, d) que realicen esquila preparto de ovinos Merino bajo metodología PROLANA.

La metodología propuesta estuvo enfocada en realizar un análisis exploratorio del conjunto de datos, por lo tanto se utilizó la técnica estadística multivariada de Componentes Principales. Dado que se trata de un estudio observacional, se realizaron análisis preliminares para la base de datos, se calcularon estadísticos de resumen, se observó la distribución de las variables y se comprobó la presencia de valores atípicos. Teniendo en cuenta que el propósito es realizar un análisis global del periodo estudiado y ante la posibilidad de la presencia de distribuciones marcadamente asimétricas de los parámetros evaluados, se utilizó la mediana como valor representativo para DMF, MV, RT, LM y RP por cada establecimiento. Estos datos se estandarizaron con promedios igual a cero y varianza igual a uno, para asegurar una igual participación de los parámetros en los análisis sin importar su escala de medición. La región natural de origen de los establecimientos participó del análisis en calidad de variable suplementaria, lo que fue un aporte para la interpretación de los resultados. Los análisis se realizaron con software R versión 3.3.3 (R Development Core Team, 2017).

RESULTADOS

Los primeros dos ejes del análisis de Componentes Principales explicaron el 60,66% de la variabilidad (figura 2). Cada punto representa a un establecimiento y su distribución en el plano factorial se grafica en la figura

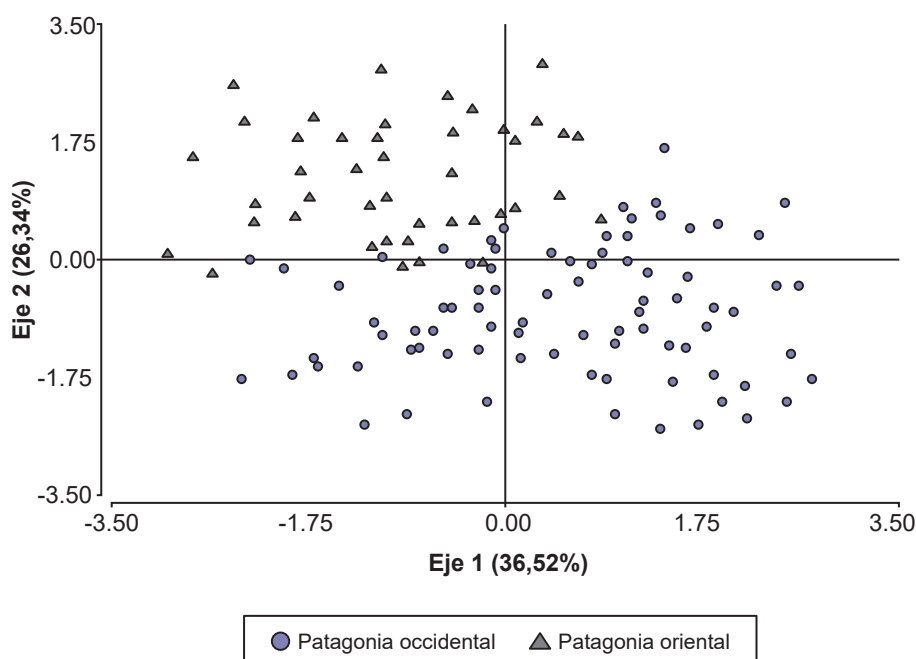


Figura 2. Primer plano factorial del análisis de componentes principales. Establecimientos identificados por su región natural. Entre paréntesis se muestran los porcentajes de variancia explicada por cada uno de los ejes.

Región Natural	MV (%)	RP (%)	LM (mm)	RT (N/ktex)	DMF (μ m)
	0,8 (0,02)	57,7 (0,2)	88,7 (0,2)	30,8 (0,1)	19,5 (0,03)
Patagonia Occidental	0,7	58	88	31	19,5
	<i>876</i>	<i>876</i>	<i>876</i>	<i>876</i>	<i>876</i>
	2 (0,06)	56,3 (0,2)	89,1 (0,4)	28,1 (0,2)	20 (0,06)
Patagonia Oriental	2,1	56	89	28	20,1
	<i>409</i>	<i>409</i>	<i>409</i>	<i>409</i>	<i>409</i>

Tabla 1. Valores promedios, error estándar (entre paréntesis), mediana y número de observaciones (itálica) para los parámetros de lana evaluados en los establecimientos según su región natural: materia vegetal (MV), rinde al peine (RP), largo de mecha (LM), resistencia a la tracción (RT) y diámetro medio de fibras (DMF).

mencionada. Los parámetros más influyentes en la formación de este primer plano factorial que determinaron la ubicación de cada establecimiento en ese plano fueron el RP, RT, MV y DMF. El primer eje explicó un 36,52% de la variabilidad y se encuentra relacionado principalmente con (entre paréntesis se indica la correlación con el respectivo eje): RP (0,84) y RT (0,78). Esto significa que a medida que nos movemos de izquierda a derecha del gráfico, los establecimientos van presentando mayores valores en RP y RT. Mientras que el segundo eje explicó el 26,34% de la variabilidad y se encuentra relacionado fundamentalmente con (entre paréntesis se indica la correlación con el respectivo eje): MV (0,83) y DMF (0,74). Al igual que lo explicado para el eje 1, los valores de MV y DMF van en aumento a medida que nos movemos hacia la parte superior del gráfico.

Al identificar a los establecimientos en el plano factorial según su región natural de origen, se observó que la mayoría de los establecimientos ubicados en la Patagonia Oriental tomaron valores positivos con respecto al Eje 2 mientras que la mayoría de los pertenecientes a la Patagonia Occidental solo tomaron valores negativos. Esta distribución mostró que los establecimientos de la Patagonia Oriental poseen lotes de lana de mayor DMF y MV, respecto de aquellos ubicados en la Patagonia Occidental (tabla 1). A su vez, la mayoría de los establecimientos de la Patagonia Oriental tomaron valores negativos con respecto al Eje 1, lo que indicó lotes de lana con menores porcentajes de RP y RT. Esta variabilidad en la calidad de lana se puede observar geográficamente en las figuras 3 y 4.

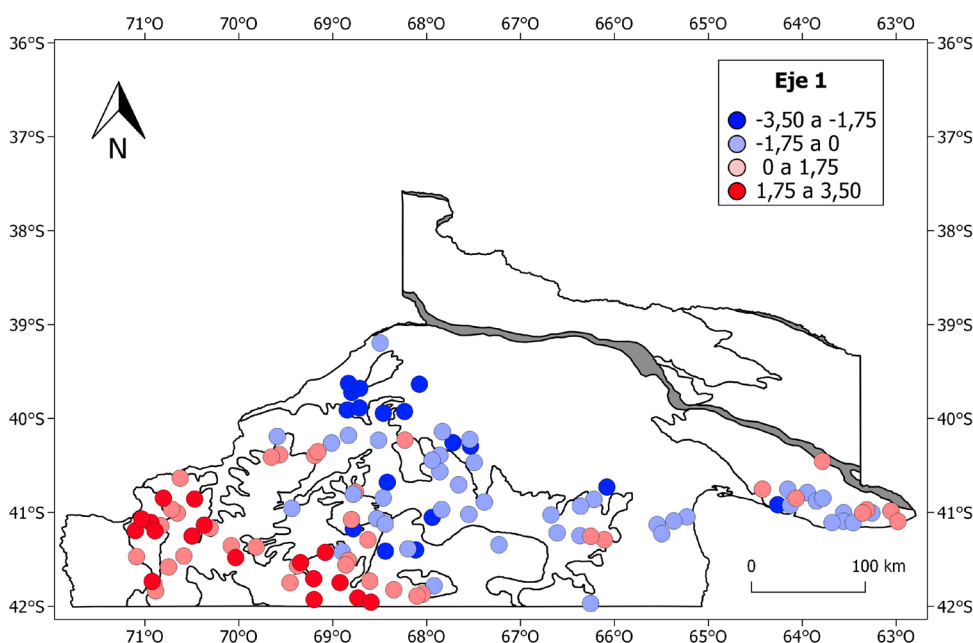


Figura 3. Representación geográfica del análisis de componentes principales. Establecimientos identificados en colores por sus coordenadas en el eje 1.

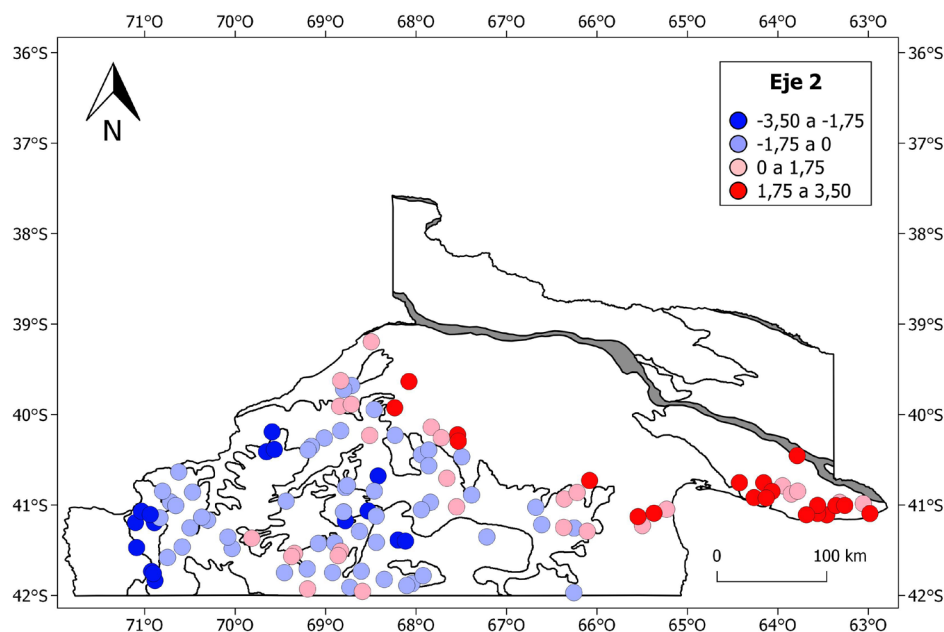


Figura 4. Representación geográfica del análisis de componentes principales. Establecimientos identificados en colores por sus coordenadas en el eje 2.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La variabilidad de ciertos parámetros de calidad de lana estaría asociada a la ubicación geográfica de los establecimientos. Los parámetros Rinde al Peine, Resistencia a la Tracción, Diámetro Medio de Fibras y Materia Vegetal manifestaron una distribución en forma de gradiente de cambio con orientación oeste-este (figuras 3 y 4). Esta distribución sugeriría que las diferencias biofísicas dentro del área de estudio (León *et al.*, 1998; Bran *et al.*, 2000; Godagnone y Bran, 2009) podrían explicar en parte la variabilidad en la calidad de lana observada. Por ejemplo, la mayor presencia de vegetación arbustiva de estrato medio a alto y la mayor presencia de especies anuales en la Patagonia Oriental (León *et al.*, 1998; Godagnone y Bran, 2009) aumentaría los contenidos de materia vegetal (Lance, 2000; Campbell, 2006) disminuyendo el Rinde al Peine (Elvira, 2005). En este sentido, por un lado, en ambientes contrastantes de Australia también se registran diferencias en el rinde al peine, las cuales se producen principalmente por diferencias en los contenidos de impurezas y materia vegetal (Lance, 2000). Por otro lado, el diámetro medio de fibras y la resistencia a la tracción han demostrado ser sensibles a variaciones en la disponibilidad y calidad de los pastizales (Hynd *et al.*, 1997; Adams y Briegel, 1998; Thompson y Hynd, 1998). Las mayores fluctuaciones en la productividad de los pastizales en la Patagonia Oriental (Easdale y Aguiar, 2012) promoverían mayores variaciones en el diámetro medio de fibras durante el periodo anual de crecimiento (Adams

y Briegel, 1998). Lotes de lana con estas características pueden generar regiones débiles en la mecha provocando mermas en la resistencia a la tracción (Brown *et al.*, 1999 y 2002; Brown y Crook, 2005). Estos resultados sugieren que a pesar de la alta heredabilidad de algunos caracteres productivos para la raza Merino (Mueller, 2010; Mueller *et al.*, 2016) existiría también una fuerte influencia del ambiente sobre la variabilidad en las características de la lana estudiadas.

Este artículo constituye un avance en comprender y describir la variación de la calidad de lana en una amplia área de la provincia de Río Negro. En este sentido, ciertos parámetros de calidad de lana registraron una mayor variabilidad entre los establecimientos. Esta variabilidad da indicios de posibles asociaciones entre algunos parámetros de calidad de lana y la heterogeneidad del ambiente, los cuales deberían estudiarse con mayor detalle a futuro. Los resultados alientan la necesidad de avanzar en una mayor comprensión de la influencia ambiental sobre parámetros de calidad de lana en la Patagonia.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por el INTA. Agradecimientos especiales a Priscila Willems, Natalia Pérez León y Joaquín Mueller por sus contribuciones al artículo y apoyo permanente. Al personal del Laboratorio de Fibras Textiles de INTA Bariloche, por su colaboración en los análisis de las muestras.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAMS, N.R.; BRIEGEL, J.R. 1998. Liveweight wool growth responses to a Mediterranean environment in three strains of Merino sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 49: 1187-1193.
- BRAN, D.E.; AYESA, J.A.; LOPEZ, C. 2000. Regiones Ecológicas de Río Negro. Comunicación Técnica N.º 59, INTA Bariloche.
- BROWN, D.J.; CROOK, B.J.; PURVIS, I.W. 1999. Genotype and environmental differences in fibre diameter profile characteristics and their relationship with staple strength in Merino sheep. En *Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* 13: 274-277.
- BROWN, D.J.; CROOK, B.J.; PURVIS, I.W. 2002. Differences in fiber diameter profile characteristics in wool staples from Merino sheep and their relationship with staple strength between years, environments and bloodlines. *Australian Journal of Agricultural Research* 53: 481-491.
- BROWN, D.J.; CROOK, B.J. 2005. Environmental responsiveness of fibre diameter in grazing fine wool Merino Sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 56: 673-684.
- CAMPBELL, A.J.D. 2006. The effect of time of shearing on wool production and management of a spring-lambing merino flock, PhD thesis, Veterinary Science, University of Melbourne.
- EASDALE, M.H.; AGUIAR, M.R. 2012. Regional forage production assessment in arid and semi-arid rangelands—A step towards social-ecological analysis. *Journal of Arid Environments* 83: 35-44.
- EASDALE, M.H.; SACCHERO, D.M.; VIGNA, M.; WILLEMS, P.A. 2014. Assessing the magnitude of impact of volcanic ash deposits on Merino wool production and fibre traits in the context of a drought in North-west Patagonia, Argentina. *The Rangeland Journal* 36: 143-149.
- ELVIRA, M. 2005. Características de lanas Merino e importancia en el procesamiento industrial. En: MUELLER, J.P.; CUETO, M.I. (Eds.). *Actualización en Producción Ovina 2005*. INTA Bariloche, 231-238 pp.
- GODAGNONE, R.E.; BRAN, D.E. 2009. Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de Río Negro: geología, hidrología, geomorfología, suelos, clima, vegetación y fauna. Ediciones INTA, 89-350 pp.
- GOLLUSCIO, R.A.; DEREGIBUS, V.A.; PARUELO, J.M. 1998. Sustainability and range management in the Patagonian steppes. *Ecología Austral* 8: 211-215.
- HALL, S.A.; Paruelo, J.M. 2006. Environmental controls on lambing rate in Patagonia (Argentina): A regional approach. *Journal of Arid Environments* 64: 713-735.
- HYND, P.I.; HUGHES, A.; EARL, C.R.; PENNO, N.M. 1997. Seasonal changes in the morphology of wool follicles in finewool and strongwool Merino Straits grazing at different stocking rates in southern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48: 1089-1097.
- LANCE, K.J. 2000. A characterisation of Tasmanian wool quality and that of similar wool producing regions on the Australian mainland for the 1991/92 to 1996/97 seasons. (Doctoral dissertation, University of Tasmania).
- LEON, R.J.C.; BRAN, D.; COLLANTES, M.; PARUELO J.M.; SORIANO, A. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* 8: 125-144.
- MUELLER, J.P. 2010. Progreso genético y evaluación económica de programas de mejora genética. En: MUELLER, J.P.; CUETO, M.I. (Eds.). *Actualización en producción ovina 2010*. INTA Bariloche, 117-139 pp.
- MUELLER, J.P.; GIOVANNINI, N.; BIDINOST, F. 2016. Vientiocho años de mejoramiento genético en una majada Merino comparada con una testigo sin selección. *Revista Argentina de Producción Animal* 36(2): 63-74.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2017. R: a language and environment for statistical computing, version 3.3.3. R Foundation for Statistical Computing. Viena.
- SACCHERO, D.M.; WILLEMS, P.A.; MUELLER, J.P. 2011. Perfiles de diámetro de fibra en lanas preparto de ovejas Merino. 2. Estudio comparativo del efecto de estado fisiológico. *Revista Argentina de Producción Animal* 31: 39-50.
- THOMPSON, A.N.; Hynd, P.I. 1998. Wool growth and fibre diameter changes in young Merino sheep genetically different in staple strength and fed different levels of nutrition. *Crop and Pasture Science* 49 (5), 889-898.
- VILLAGRA E.S.; GIRAUDO, C. 2010. Systemic aspects of sheep production in Río Negro province. *Revista Argentina de Producción Animal* 30: 211-224.