

**Brodtmann, Lilian Irene**

## **Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama y su relación con la calidad textil de la fibra**

---

**Tesis para la obtención del título de posgrado de  
Doctor en Ciencias Agropecuarias**

Director: Frank, Eduardo Narciso

Documento disponible para su consulta y descarga en Biblioteca Digital - Producción Académica, repositorio institucional de la Universidad Católica de Córdoba, gestionado por el Sistema de Bibliotecas de la UCC.





**Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama  
y su relación con la calidad textil de la fibra**

Lilian Irene Brodtmann

2020

Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias

Director:

Eduardo Narciso Frank

Comité Evaluador:

Florencia Di Rocco

Edgar Carlos Quispe Peña

Arnaldo Mangeaud

## **AGRADECIMIENTOS:**

Un gran agradecimiento a Raymond, mi marido, por crear las condiciones que hicieron posible que me dedicara a escribir esta tesis y por sostenerlas durante tantos años.

Un muy especial agradecimiento al Dr. Eduardo Frank por abrirme el camino al trabajo de investigación y por todo su apoyo. Además, agradezco al Dr. Michel Hick y especialmente a Flavia Castillo por su trabajo incansable y preciso respecto a la disección de muestras de fibra.

Agradezco al Lic. Diego Seghetti Frondizi por su aporte a través del ensayo de descordado. Al Ing. Oscar Adot agradezco y recuerdo por iniciarme en el área de la fibra de llama y el procesamiento textil.

Asimismo, un agradecimiento a la Universidad Católica de Córdoba (UCC), Argentina, especialmente al programa SUPPRAD (Sustentabilidad Productiva y Promoción de Áreas Desfavorecidas) y al LAFTA (Laboratorio de Análisis de Fibra Textil Animal), que forman parte de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UCC, y dentro del cual se enmarca esta investigación con el fin de generar conocimientos que puedan aportar respuestas a las necesidades relacionadas a mejorar el nivel socioeconómico de pequeños productores que se dedican a la cría de llamas.

## **Índice general:**

AGRADECIMIENTOS: .....	i
Índice general: .....	ii
Índice de Tablas: .....	vii
Índice de Figuras: .....	viii
Abreviaciones ordenadas por subcapítulo: .....	xi
Abreviaciones por orden alfabético: .....	xxiv
RESUMEN:.....	xxix
ABSTRACT: .....	xxx
ZUSAMMENFASSUNG:.....	xxxii
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Efecto del descordado sobre la estructura de fibra de llama.....</b>	<b>8</b>
<b>3. Efecto de la clasificación y del descordado sobre la calidad textil de la fibra.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
Fibra de camélidos: .....	11
Distribución de diámetros: .....	12
Tipos de vellón: .....	13
Estructura de vellón y su modificación con el incremento de la edad: .....	15
Engrosamiento de la fibra debido al incremento de la edad - "micron blowout":.....	16
Grupo de fibras gruesas (objetables): .....	18
Diseción Tripartita: .....	18
Efecto de picazón: .....	20
Descordado o depurado: .....	23
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
<b>1. Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama.....</b>	<b>27</b>
Datos experimentales:.....	27
Datos observacionales: .....	29
Análisis estadístico y elaboración de los gráficos: .....	29
Tipos de Vellón:.....	30
Diseción Tripartita:.....	30
1.1. Diámetro medio total y diámetro medio según grupos de fibra (GF).....	33
1.2. Diámetro medio según tipo de fibra.....	36
1.3. Frecuencia de rizo .....	37
1.4. Grupos de rizo .....	37
1.5. Largo de fibra .....	39
1.6. Concordancia de las bases de datos experimental y observacional.....	39
<b>2. Efecto del descordado sobre la estructura de fibra de llama.....</b>	<b>39</b>

2.1. Diámetro medio total y diámetro medio según grupos de fibra (GF).....	42
2.2. Diámetro medio según tipo de fibra.....	43
2.3. Frecuencia de rizo .....	43
2.4. Grupo de Rizo .....	43
2.5. Largo de fibra .....	43
<b>3. Efecto de la clasificación y del descordado sobre la calidad textil de la fibra</b>	<b>43</b>
3.1. Descripción esquemática y conceptual de los TV .....	43
3.2. Diferenciación de los TV según características opuestas .....	44
3.3. Frecuencia de rizo según TV.....	44
3.4. Grupos de rizo según TV.....	44
3.5. Largo de fibra según TV .....	45
3.6. Diámetro medio según TV.....	45
3.7. Diámetro medio según TV con y sin clasificación y/o descordado.....	45
3.8. Diámetro medio con/sin clasificación y/o descordado.....	46
3.9. Potencial de la clasificación y del descordado .....	46
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
<b>1. Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama.....</b>	<b>47</b>
1.1. Diámetro medio total y diámetro medio según grupos de fibra (GF).....	47
1.2. Diámetro medio según tipo de fibra.....	52
1.3. Frecuencia de rizo .....	59
1.4. Grupos de rizo .....	60
1.5. Largo de fibra .....	60
1.6. Concordancia de las bases de datos experimental y observacional.....	61
<b>2. Efecto del descordado sobre la estructura de fibra de llama.....</b>	<b>64</b>
2.1. Diámetro medio total y diámetro medio según grupos de fibra (GF).....	64
2.2. Diámetro medio según tipo de fibra.....	74
2.3. Frecuencia de rizo .....	79
2.4. Grupos de rizo .....	80
2.5. Largo de fibra .....	81
<b>3. Efecto de la clasificación y del descordado sobre la calidad textil de la fibra</b>	<b>82</b>
3.1. Descripción esquemática y conceptual de los TV .....	82
3.2. Diferenciación de los TV según características opuestas .....	83
3.3. Frecuencia de rizo según TV.....	84
3.4. Grupos de rizo según TV.....	85
3.5. Largo de fibra según TV .....	87
3.6. Diámetro medio según TV.....	87
Grupo de fibras gruesas (GF1):.....	87
Grupo de fibras finas (GF3):.....	88
3.7. Diámetro medio según TV con y sin clasificación y/o descordado.....	88
Grupo de fibras finas (GF3):.....	88

3.8. Diámetro medio con/sin clasificación y/o descerdado.....	89
Grupo de fibras gruesas (GF1):.....	91
3.9. Potencial de la clasificación y del descerdado .....	91
Reducción del DM a través de la clasificación, sin realizar un descerdado: .....	91
Reducción del DM a través del descerdado, sin clasificar los vellones anteriormente: .....	92
Reducción del DM a través de una combinación de la clasificación y del descerdado: .....	92
Grupo de fibras finas (GF3):.....	95
3.10. Simulación de una clasificación según finura y un descerdado .....	95
<b>CAPÍTULO V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>97</b>
<b>1. Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama.....</b>	<b>97</b>
1.1. Diámetro medio total y diámetro medio según grupos de fibra (GF).....	97
Grupo de fibras gruesas (GF1):.....	99
Grupo de fibras finas (GF3):.....	100
1.2. Diámetro medio según tipo de fibra.....	101
Grupo de fibras finas (GF3):.....	103
Grupo de fibras gruesas (GF1):.....	104
Grupos de fibras gruesas y finas (GF1 y GF3), clasificación y descerdado:.....	105
Diseción Tripartita: .....	105
1.3. Frecuencia de rizo .....	106
1.4. Grupos de rizo .....	106
1.5. Largo de fibra .....	107
1.6. Concordancia de las bases de datos experimental y observacional.....	107
1.7. Evaluación final .....	111
<b>2. Efecto del descerdado sobre la estructura de fibra de llama.....</b>	<b>112</b>
2.1. Diámetro medio total y diámetro medio según grupos de fibra (GF).....	114
Grupo de fibras finas (GF3) y su DM en la materia prima antes de ser descerdada: .....	116
Grupo de fibras finas (GF3) y su DM como característica de la estructura de vellón: .....	118
Grupo de fibras finas (GF3) y su DM en el producto de descerdado: .....	118
Grupo de fibras finas (GF3) y su P% y N% en el producto de descerdado: .....	119
Grupo de fibras gruesas (GF1) y su DM en el producto de descerdado:.....	120
Grupo de fibras gruesas (GF1) y su P% y N% en el producto de descerdado: ..	121
Grupo de fibras gruesas (GF1) y diferencias según tipos de vellón:.....	123
Grupo de fibras gruesas (GF1) y la estimación de su reducción mediante regresiones: .....	124
2.2. Diámetro medio según tipo de fibra.....	126
2.3. Frecuencia de rizo .....	129
2.4. Grupos de rizo .....	129

2.5. Largo de fibra .....	130
2.6. Evaluación final .....	130
<b>3. Efecto de la clasificación y del descordado sobre la calidad textil de la fibra</b>	<b>131</b>
3.1. Descripción esquemática y conceptual de los TV .....	133
3.2. Diferenciación de los TV según características opuestas .....	134
Clasificación según TV: .....	135
Efecto del TV sobre el descordado: .....	136
3.3. Frecuencia de rizo según TV .....	137
Grupo de fibras gruesas (GF1): .....	137
Grupo de fibras finas (GF3): .....	139
3.4. Grupos de rizo según TV .....	139
Grupo de fibras gruesas (GF1): .....	139
Grupo de fibras finas (GF3): .....	140
3.5. Largo de fibra según TV .....	140
3.6. Diámetro medio según TV .....	140
Grupo de fibras gruesas (GF1): .....	140
Grupo de fibras finas (GF3): .....	141
3.7. Diámetro medio según TV con y sin clasificación y/o descordado .....	141
Grupo de fibras finas (GF3): .....	141
3.8. Diámetro medio con/sin clasificación y/o descordado .....	141
Grupo de fibras gruesas (GF1): .....	142
Grupo de fibras finas (GF3): .....	144
3.9. Potencial de la clasificación y del descordado .....	145
Reducción del DM a través de la clasificación (sin descordar posteriormente):	145
Reducción del DM a través del descordado (sin clasificar los vellones anteriormente):	145
Reducción del DM a través de una combinación de la clasificación y del descordado:	146
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>148</b>
CONCLUSIONES GENERALES: .....	148
Efecto de la edad: .....	148
Efecto del descordado: .....	148
Efecto de la clasificación y el descordado: .....	149
CONCLUSIONES ESPECÍFICAS: .....	150
<b>1. Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama .....</b>	<b>150</b>
Modificación con la edad: .....	150
Calidad textil definida por las fibras objetables: .....	151
Calidad textil definida por el grupo de fibras finas: .....	151
Estructura de vellón: .....	152
Diseción Tripartita: .....	153



<b>2. Efecto del descordado sobre la estructura de fibra de llama.....</b>	<b>153</b>
Modificación con el descordado: .....	153
Calidad textil definida por el grupo de fibras finas:.....	154
Calidad textil definida por las fibras objetables: .....	155
Estructura de fibra: .....	155
Diseción Tripartita:.....	156
<b>3. Efecto de la clasificación y del descordado sobre la calidad textil de la fibra</b>	<b>156</b>
Calidad textil definida por el grupo de fibras finas:.....	156
Clasificación y descordado:.....	156
<b><i>CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES .....</i></b>	<b>158</b>
<b><i>CAPÍTULO VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</i></b>	<b>160</b>

### **Índice de Tablas:**

Tabla 1: Rangos de diámetro medio de fibra (DM) .....	46
Tabla 2: GR según GF, para cada TV (animales experimentales).....	60
Tabla 3: Reducción o aumento del peso relativo o frecuencia de fibra relativa mediante el descordado, según GF, para cada TV (Fibra del proceso de descordado – producto)	73
Tabla 4: GR según GF, para cada TV (fibra en proceso de descordado).....	80
Tabla 5: Descripción esquemática de la mecha según tipo de vellón (TV).....	82
Tabla 6: Descripción conceptual de la estructura de vellón según tipo de vellón (TV)	83
Tabla 7: Diferencias de la media de DM1e según TV, sin clasificar (Test de Kruskal Wallis) .....	87
Tabla 8: Diferencias de la media de DM3e según TV, sin clasificar (Test de Kruskal Wallis) .....	88
Tabla 9: Diferencias de la media de DM3e según TV, incluyendo a vellones de DMTne<31µm (Test de Kruskal Wallis).....	88
Tabla 10: Diferencias de la media de DM3e según TV, incluyendo a vellones de DMTne<28µm (Test de Kruskal Wallis).....	89
Tabla 11: Diferencias de la media de DMTne por clasificar (Test de Kruskal Wallis)..	92
Tabla 12: Diferencia entre la media de DMTne y la media de DM3e, correspondiente a un descordado (sin clasificar) (Test de Kruskal Wallis).....	92
Tabla 13: Diferencia de la media de DM3e lograda por clasificar y descordar (Test de Kruskal Wallis).....	93
Tabla 14: Diferencias entre medias de diferentes tipos de diámetro medio (DM) y su Desvío Estándar (DE).....	94
Tabla 15: Frecuencias de vellones según finura, diámetro medio y rinde, antes y después de descordar un lote de fibra de llama .....	96

## **Índice de Figuras:**

Figura 1: Fibras de una mecha DC colocadas en un paño de terciopelo según un Diagrama de Baer (Onions, 1962) .....	19
Figura 2: Serie de muestras tomadas anualmente de un animal de vellón SC.....	28
Figura 3: Diagrama de flujo de la Disección Tripartita.....	32
Figura 4: Fibras de una mecha DC expuestas en un paño de terciopelo luego de implementar la Disección Tripartita .....	33
Figura 5: Variables utilizadas para construir los diferentes DM .....	36
Figura 6: Diagrama de Grupos de Rizo (GR) para Fibra de Llama (modificado desde Frank, 2001; Brodtmann et al., 2018).....	38
Figura 7: Diagrama de flujo del ensayo de descordado .....	41
Figura 8: Modificación del DMTv, DMTp y DMTn con la clase de edad.....	47
Figura 9: Modificación del perímetro torácico (PERIMc) y diámetro medio total (DMTvc) con la clase de edad (Animales experimentales).....	48
Figura 10: Modificación del perímetro torácico (PERIMo) y diámetro medio total (DMTvo) con la clase de edad (Animales observacionales) .....	48
Figura 11: Modificación del DM según GF y DMTn con la clase de edad.....	49
Figura 12: Modificación de DM1 y DE1 con la clase de edad, para GF1 .....	50
Figura 13: Modificación de DM2 y DE2 con la clase de edad, para GF2.....	50
Figura 14: Modificación de DM3 y DE3 con la clase de edad, para GF3.....	50
Figura 15: Modificación del peso relativo con la clase de edad, según GF .....	51
Figura 16: Modificación de la frecuencia de fibra relativa con la clase de edad, según GF .....	51
Figura 17: Modificación del DM con la clase de edad, según tipos de fibra.....	53
Figura 18: Modificación de la N% con la clase de edad, según tipos de fibra .....	53
Figura 19: Ejemplos de la cantidad de datos que describen a una mecha completa en diferentes gráficos para el caso de la clase de edad 1 .....	55
Figura 20: Ejemplo de la cantidad de datos que describen a una mecha completa para el caso de la clase de edad 1 .....	56
Figura 21: Modificación del DM con la clase de edad, según tipos de fibra – graficado para cada GF por separado (Animales experimentales) .....	57
Figura 22: Modificación de la N% con la clase de edad, según tipos de fibra – graficado para cada GF por separado (Animales experimentales) .....	58
Figura 23: Modificación de la FR con la clase de edad, según GF .....	59
Figura 24: Modificación del largo con la clase de edad, según GF .....	60
Figura 25: Modificación del PERIMc y PERIMo con la clase de edad .....	61
Figura 26: Modificación del DMTv y DMTvo con la clase de edad.....	62
Figura 27: Modificación del DM varios según tipo de fibra con la clase de edad.....	63

Figura 28: Modificación del DMTpd y DMTnd con las sucesivas pasadas – producto	65
Figura 29: Modificación del DMTnd y DMTns con las sucesivas pasadas – producto y subproducto (Fibra del proceso de descordado).....	65
Figura 30: Modificación del DM, según GF, y DMTn con las sucesivas pasadas – producto .....	66
Figura 31: Modificación del DM, según GF, con las sucesivas pasadas – producto y subproducto (Fibra del proceso de descordado).....	66
Figura 32: Ejemplo de la cantidad de datos que describen a fibra de llama para el caso de la mecha completa antes de ser descordado y después de la pasada 1.....	67
Figura 33: Modificación del peso relativo, según GF, con las sucesivas pasadas – producto .....	68
Figura 34: Modificación del peso relativo, según GF, con las sucesivas pasadas – producto y subproducto (Fibra del proceso de descordado).....	68
Figura 35: Modificación del peso relativo del GF1 (P%1d) de diferentes vellones, con las sucesivas pasadas, graficado para cada tipo de vellón por separado – producto (Fibra del proceso de descordado).....	69
Figura 36: Modificación de la frecuencia de fibra relativa, según GF, con las sucesivas pasadas – producto (Fibra del proceso de descordado).....	70
Figura 37: Modificación de la frecuencia de fibra relativa, según GF, con las sucesivas pasadas – producto y subproducto (Fibra del proceso de descordado).....	70
Figura 38: Modificación de la frecuencia de fibra relativa del GF1 (N%1d) de diferentes vellones, con las sucesivas pasadas, graficado para cada tipo de vellón por separado – producto (Fibra del proceso de descordado).....	71
Figura 39: Modificación del DM, según tipo de fibra, con las sucesivas pasadas – producto .....	75
Figura 40: Modificación de la N%, según tipo de fibra, con las sucesivas pasadas – producto .....	75
Figura 41: Modificación del DM, según tipo de fibra, con las sucesivas pasadas – producto (Fibra del proceso de descordado).....	77
Figura 42: Modificación de la N%, según tipo de fibra, con las sucesivas pasadas, graficado para cada GF por separado – producto (Fibra del proceso de descordado) .....	78
Figura 43: Modificación de la FR, según GF, con las sucesivas pasadas – producto .	79
Figura 44: Modificación del largo, según GF, con las sucesivas pasadas – producto .	81
Figura 45: Modificación del largo, según GF, con las sucesivas pasadas – subproducto	81
Figura 46: Ilustración esquemática de las mechas de cada tipo de vellón .....	82
Figura 47: Evaluación según opuestos en relación a la apariencia visual de las capas del vellón y a la frecuencia de rizo.....	84
Figura 48: Distribución de la frecuencia de rizo (en ondulaciones/cm) según GF .....	85

Figura 49: Distribución de GR1 a GR7 según GF para el tipo de vellón DC.....	86
Figura 50: Distribución de GR1 a GR7 según GF para el tipo de vellón SC.....	86
Figura 51: Distribución de GR1 a GR7 según GF para el tipo de vellón L.....	86
Figura 52: Distribución del largo de fibra (cm) según GF .....	87
Figura 53: Distribución de diferentes DM ( $\mu\text{m}$ ).....	90
Figura 54: Distribución de diferentes DM ( $\mu\text{m}$ ) con una clasificación inicial.....	90
Figura 55: Distribución de diferentes DM ( $\mu\text{m}$ ) con una clasificación más rigurosa.....	90
Figura 56: Distribución de diferentes DM ( $\mu\text{m}$ ) sin y con clasificación según finura ....	91
Figura 57: Distribución de diferentes DM ( $\mu\text{m}$ ) sin y con clasificación según finura ....	95

## ***Índice de abreviaciones***

En este listado, las variables se presentan con la secuencia en la que fueron generadas a través de las sucesivas actividades desarrolladas en el marco de esta tesis. De esta manera funciona como guía para entender cómo se construye cada variable, especialmente respecto a los diferentes tipos de DM.

Dentro de la denominación abreviada de una variable, las letras en mayúscula corresponden a la denominación de la variable propiamente dicho, mientras que las letras en minúscula son descriptivas y explican un aspecto de la variable, por ejemplo, la “p” cuando el DMT es ponderado por peso.

### ***Abreviaciones ordenadas por subcapítulo:***

Esta lista de abreviaciones está ordenada por temas, por subcapítulos y según las diferentes actividades de investigación desarrolladas.		
<b>Abreviación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
Tipos de vellón (TV):		
TV	Tipo de vellón (DC, CI, SC, HL y L)	-----
DC	Tipo de vellón Doble Capa	-----
CI	Tipo de vellón Capa Intermedia	-----
SC	Tipo de vellón Simple Capa	-----
HL	Tipo de vellón Hemi Lustre	-----
L	Tipo de vellón Lustre	-----
Tipo de fibra (tipo de médula (TMED)):		
TMED	Tipo de médula (A, F, I, C y G)	-----
A	Fibra amedulada	-----
F	Fibra de médula fragmentada	-----
I	Fibra de médula interrumpida	-----
C	Fibra de médula continua	-----
G	Fibra de médula gruesa	-----
Grupos de fibra (GF) resultantes de la Disección Tripartita:		
GF	Grupo de fibra (GF1, GF2 y GF3)	-----
GF1	GF de fibras gruesas	-----
GF2	GF de fibras intermedias	-----
GF3	GF de fibras finas	-----

Grupos de rizo (GR): según el Diagrama de Grupos de Rizo para Fibra de Llama (Figura 3)		-----
GR	Grupo de rizo (GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6 y GR7)	-----
GR1	Grupo de rizo 1	-----
GR2	Grupo de rizo 2	-----
GR3	Grupo de rizo 3	-----
GR4	Grupo de rizo 4	-----
GR5	Grupo de rizo 5	-----
GR6	Grupo de rizo 6	-----
GR7	Grupo de rizo 7	-----
Abreviaciones varias:		
KW	Test de Kruskal Wallis	-----
R	Resto (Diseción Tripartita)	-----
AM2	Máquina descordadora industrial	-----
SUPPRAD	Sustentabilidad Productiva y Promoción de Áreas Desfavorecidas	-----
UCC	Universidad Católica de Córdoba, Argentina	-----
LAFTA	Laboratorio de Análisis de Fibra Textil Animal	-----
Variables genéricas: Con el término de “variable genérica” se hace referencia a que es una variable que abarca a varias variables específicas a la vez, por ejemplo, DM comprende a todas las variables relacionadas al diámetro medio, por ejemplo, DMTv, DMTp, DMTn, DM1, DMA, etc.		
DM	Diámetro medio	$\mu$
DMT	DM de una mecha completa, “T” de “total”, o sea incluyendo al total de las fibras de una mecha. El DMT puede ser medido desde una mecha de un vellón (DMTv y DMTvo) o puede ser ponderado a través de los 3 GF que componen una mecha completa entre sí (DMTp y DMTn).	$\mu$
DE	Desvío estándar	$\mu$
P	Peso absoluto	g
P%	Peso relativo	%
N	Frecuencia de fibra absoluta	cantidad
N%	Frecuencia de fibra relativa	%
NA	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras ameduladas	cantidad
NF	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras de médula fragmentada	cantidad
NI	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras de médula interrumpida	cantidad

NC	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras de médula continua	cantidad
NG	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras de médula gruesa	cantidad
N%A	Frecuencia de fibra relativa de las fibras ameduladas	%
N%F	Frecuencia de fibra relativa de las fibras de médula fragmentada	%
N%I	Frecuencia de fibra relativa de las fibras de médula interrumpida	%
N%C	Frecuencia de fibra relativa de las fibras de médula continua	%
N%G	Frecuencia de fibra relativa de las fibras de médula gruesa	%
FR	Frecuencia de rizo (ondulaciones/cm = ond./cm)	ond./cm
GR	Grupo de Rizo según el Diagrama de Grupos de Rizo para Fibra de Llama (GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6 y GR7)	-----
L	Largo de fibra	cm
Letras en minúscula o cifras (describen una característica de la variable):		
v	DM de una mecha extraída de un vellón (Subcapítulo 1)	-----
p	DM ponderado según el peso relativo ( <b>P%</b> )	-----
n	DM ponderado según la frecuencia de fibra relativa ( <b>N%</b> )	-----
Sin letra en minúscula	Variable correspondiente a la base de datos experimental (Subcapítulo 1)	-----
c	Variable correspondiente a la tropa experimental completa (Subcapítulo 1)	-----
o	Variable correspondiente a la base de datos observacional (= base de datos grande) (Subcapítulo 1)	-----
d	Variable correspondiente al producto del descerdado (Subcapítulo 2)	-----
s	Variable correspondiente al subproducto de descerdado (Subcapítulo 2)	-----
e	Variable correspondiente al estudio respecto a la estructura del vellón (Subcapítulo 3)	-----
1	Variable correspondiente al GF1	
2	Variable correspondiente al GF2	
3	Variable correspondiente al GF3	



## Subcapítulo 1.

### Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama

\* Las variables marcadas con un asterisco existen en la base de datos y son utilizados para construir otra variable, pero no son mencionadas en el texto. Solamente son expresadas a través de una tabla o un gráfico.

**A) Variables medidas después de la implementación de la Disección Tripartita, a partir de los 3 grupos de fibra formados:**

**A1) Variables medidas para un GRUPO DE FIBRA**

<b>DM1, DM2 y DM3 y las variables relacionadas (Fórmula 4, Figura 5):</b>		<b>División</b>
<b>Base de datos experimental</b>		<b>1.1</b>
<b>GF1:</b>		
DM1	Diámetro medio medido para el GF1	μ
DMA1	DM de las fibras ameduladas del GF1	μ
DMF1	DM de las fibras de médula fragmentada del GF1	μ
DMI1	DM de las fibras de médula interrumpida del GF1	μ
DMC1	DM de las fibras de médula continua del GF1	μ
DMG1	DM de las fibras de médula gruesa del GF1	μ
N%A1	N% de las fibras ameduladas del GF1	%
N%F1	N% de las fibras de médula fragmentada del GF1	%
N%I1	N% de las fibras de médula interrumpida del GF1	%
N%C1	N% de las fibras de médula continua del GF1	%
N%G1	N% de las fibras de médula gruesa del GF1	%
<b>GF2:</b>	Variables análogas a GF1, reemplazar "1" por "2"	
<b>GF3:</b>	Variables análogas a GF1, reemplazar "1" por "3"	
<b>Peso relativo (P%):</b>		<b>División</b>
		<b>1.1</b>
P%1	P% del GF1	%
P%2	P% del GF2	%
P%3	P% del GF3	%
<b>Frecuencia de fibra relativa (N%):</b>		<b>División</b>
		<b>1.1</b>
N%1	N% de las fibras del GF1	%
N%2	N% de las fibras del GF2	%
N%3	N% de las fibras del GF3	%

<b>A2) Variables medidas para 3 FIBRAS INDIVIDUALES de cada GF</b>		
<b>Frecuencia de rizo (FR):</b>		<b>División 1.3</b>
FR1	Promedio de la FR de 3 fibras de GF1, elegidas al azar	ond./cm
FR2	Promedio de la FR de 3 fibras de GF2, elegidas al azar	ond./cm
FR3	Promedio de la FR de 3 fibras de GF3, elegidas al azar	ond./cm
<b>Frecuencia de fibra absoluta según GR:</b>		<b>División 1.4</b>
<b>GF1, GR2 y GF3:</b>		
NGR1*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR1	cantidad
NGR2*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR2	cantidad
NGR3*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR3	cantidad
NGR4*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR4	cantidad
NGR5*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR5	cantidad
NGR6*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR6	cantidad
NGR7*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR7	cantidad
<b>Largo de fibra (L):</b>		<b>División 1.5</b>
L1	L del GF1	cm
L2	L del GF2	cm
L3	L del GF3	cm
<b>B) VARIABLES PONDERADAS a partir de DM1, DM2 y DM3 y a partir de N%1, N%2 y N%3 o de P%1, P%2 y P%3:</b>		
<b>DMTn y las variables relacionadas (Fórmula 3, Figura 5):</b>		<b>División 1.1</b>
<b>Base de datos experimental</b>		
DMTn	Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra (N%)	μ
DM1	Diámetro medio medido para el GF1	μ
DM2	Diámetro medio medido para el GF2	μ
DM3	Diámetro medio medido para el GF3	μ
N%1	N% del GF1	%
N%2	N% del GF2	%
N%3	N% del GF3	%

<b>DMTp y las variables relacionadas (Fórmulas 2, Figura 5):</b>		<b>División</b>
<b>Base de datos experimental</b>		<b>1.1</b>
DMTp	Diámetro medio total ponderado por peso (P%)	$\mu$
La variable DMTp es parecida a DMTn, solamente está ponderada por peso en vez de por frecuencia de fibra, por lo cual recibe una "p" al final. Se construye a partir de variables equivalentes: DM1, DM2, DM3, P%1, P%2 y P%3		
<b>C) VARIABLES CALCULADAS para cada tipo de fibra (médula) a partir de las variables medidas durante el método de microproyección</b>		
<b>DMA, DMF, DMI, DMC y DMG y las variables relacionadas (Fórmula 5, Figura 5):</b>		<b>División</b>
<b>Base de datos experimental</b>		<b>1.2 y 1.6</b>
<b>TMED A:</b>		
DMA	Diámetro medio de todas las fibras ameduladas	$\mu$
DMA1	DM de fibras ameduladas del GF1	$\mu$
DMA2	DM de fibras ameduladas del GF2	$\mu$
DMA3	DM de fibras ameduladas del GF3	$\mu$
N%A1	N% de fibras ameduladas del GF1	%
N%A2	N% de fibras ameduladas del GF2	%
N%A3	N% de fibras ameduladas del GF3	%
<b>TMED F:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar "A" por "F"	
<b>TMED I:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar "A" por "I"	
<b>TMED C:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar "A" por "C"	
<b>TMED G:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar "A" por "G"	
<b>N%A, N%F, N%I, N%C y N%G y las variables relacionadas (Figura 5):</b>		<b>División</b>
<b>Base de datos experimental</b>		<b>1.2</b>
<b>TMED A:</b>		
N%A	Frecuencia de fibra relativa (N%) de las fibras ameduladas	%
N%A1	N% de las fibras ameduladas del GF1	%
N%A2	N% de las fibras ameduladas del GF2	%
N%A3	N% de las fibras ameduladas del GF3	%
<b>TMED F:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar "A" por "F"	
<b>TMED I:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar "A" por "I"	
<b>TMED C:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar "A" por "C"	
<b>TMED G:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar "A" por "G"	

<b>D) Variables medidas para una mecha que fue extraída de un VELLÓN:</b>		
<b>DMTv y las variables relacionadas (Fórmula 1, Figura 5):</b>		<b>División</b>
<b>Base de datos experimental</b>		<b>1.1 y 1.6</b>
DMTv	Diámetro medio total medido para una mecha que fue extraída de un vellón (20 animales experimentales muestreados anualmente)	μ
DMTvc	Diámetro medio total medido para una mecha que fue extraída de un vellón (tropa experimental completa)	μ
DMAv	DM de fibras ameduladas	μ
DMFv	DM de fibras de médula fragmentada	μ
DMLv	DM de fibras de médula interrumpida	μ
DMCv	DM de fibras de médula continua	μ
DMGv	DM de fibras de médula gruesa	μ
N%Av	N% de fibras ameduladas	%
N%Fv	N% de fibras de médula fragmentada	%
N%lv	N% de fibras de médula interrumpida	%
N%Cv	N% de fibras de médula continua	%
N%Gv	N% de fibras de médula gruesa	%
<b>DMTvo y las variables relacionadas (Fórmula 1, Figura 5):</b>		<b>División</b>
<b>Base de datos observacional</b>		<b>1.6</b>
DMTvo	Diámetro medio total medido para una mecha que fue extraída de un vellón, dato observacional	μ
La variable DMTvo es equivalente a DMTv, solamente describe datos de la base de datos observacionales, por lo cual recibe una "o" al final. Se construye a partir de variables equivalentes: DMAvo, DMFvo, etc.		
<b>E) Variables medidas en el ANIMAL:</b>		
<b>Perímetro torácico (PERIMc y PERIMo):</b>		<b>División</b>
		<b>1.1 y 1.6</b>
PERIMc	Perímetro torácico (animales experimentales, tropa completa)	cm
PERIMo	Perímetro torácico (base de datos organizacionales)	cm

## Subcapítulo 2.

### Efecto del descordado sobre la estructura de fibra de llama

\* Las variables marcadas con un asterisco existen en la base de datos y son utilizados para construir otra variable, pero no son mencionadas en el texto. Solamente son expresadas a través de una tabla o un gráfico.

**A) Variables medidas después de la implementación de la Disección Tripartita, a partir de los 3 grupos de fibra formados:**

**A1) Variables medidas para un GRUPO DE FIBRA**

<b>DM1d, DM2d y DM3d y las variables relacionadas (Fórmula 4, Figura 5):</b>		<b>División 2.1 y 2.6</b>
<b>GF1:</b>		
DM1d	Diámetro medio medido para el GF1	$\mu$
DMA1d	DM de fibras ameduladas del GF1	$\mu$
DMF1d	DM de fibras de médula fragmentada del GF1	$\mu$
DMI1d	DM de fibras de médula interrumpida del GF1	$\mu$
DMC1d	DM de fibras de médula continua del GF1	$\mu$
DMG1d	DM de fibras de médula gruesa del GF1	$\mu$
N%A1d	N% de fibras ameduladas del GF1	%
N%F1d	N% de fibras de médula fragmentada del GF1	%
N%I1d	N% de fibras de médula interrumpida del GF1	%
N%C1d	N% de fibras de médula continua del GF1	%
N%G1d	N% de fibras de médula gruesa del GF1	%
<b>GF2:</b>	Variables análogas a GF1, reemplazar "1" por "2"	
<b>GF3:</b>	Variables análogas a GF1, reemplazar "1" por "3"	
<b>Peso relativo (P%):</b>		<b>División 2.1 y 2.7</b>
P%1d	P% del GF1	%
P%2d	P% del GF2	%
P%3d	P% del GF3	%
<b>Frecuencia de fibra relativa (N%):</b>		<b>División 2.1 y 2.7</b>
N%1d	N% del GF1	%
N%2d	N% del GF2	%
N%3d	N% del GF3	%

<b>A2) Variables medidas para 3 FIBRAS INDIVIDUALES de cada GF</b>		
<b>Frecuencia de rizo (FR):</b>		<b>División 2.3</b>
FR1d	Promedio de la FR de 3 fibras de GF1, elegidas al azar	ond./cm
FR2d	Promedio de la FR de 3 fibras de GF2, elegidas al azar	ond./cm
FR3d	Promedio de la FR de 3 fibras de GF3, elegidas al azar	ond./cm
<b>Frecuencia de fibra absoluta según GR:</b>		<b>División 2.4</b>
<b>GF1, GR2 y GF3:</b>		
NGR1d*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras de GR1	cantidad
NGR2d*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras de GR2	cantidad
NGR3d*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras de GR3	cantidad
NGR4d*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras de GR4	cantidad
NGR5d*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras de GR5	cantidad
NGR6d*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras de GR6	cantidad
NGR7d*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras de GR7	cantidad
<b>Largo de fibra (L):</b>		<b>División 2.5</b>
L1d	L del GF1 del producto	cm
L2d	L del GF2 del producto	cm
L3d	L del GF3 del producto	cm
L1s	L del GF1 del subproducto	cm
L2s	L del GF2 del subproducto	cm
L3s	L del GF3 del subproducto	cm
<b>B) VARIABLES PONDERADAS a partir de DM1d, DM2d y DM3d y a partir de N%1d, N%2d y N%3d o de P%1d, P%2d y P%3d:</b>		
<b>DMTnd y las variables relacionadas (Fórmula 3, Figura 5):</b>		<b>División 2.1 y 2.7</b>
DMTnd	Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra (N%)	μ
DM1d	Diámetro medio medido para el GF1	μ
DM2d	Diámetro medio medido para el GF2	μ
DM3d	Diámetro medio medido para el GF3	μ
N%1d	N% del GF1	%
N%2d	N% del GF2	%

N%3d	N% del GF3	%
<b>DMTpd y las variables relacionadas (Fórmulas 2, Figura 5):</b>		<b>División 2.1</b>
DMTpd	Diámetro medio total ponderado por peso (P%)	μ
La variable DMTpd es parecida a DMTnd, solamente está ponderada por peso en vez de por frecuencia de fibra, por lo cual recibe una “p” al final. Se construye a partir de variables equivalentes: DM1d, DM2d, DM3d, P%1d, P%2d y P%3d		
<b>C) VARIABLES CALCULADAS para cada tipo de fibra (médula) a partir de las variables medidas durante el método de microproyección</b>		
<b>DMA, DMF, DMI, DMC y DMG y las variables relacionadas (Fórmula 5, Figura 5):</b>		<b>División 2.2</b>
<b>TMED A:</b>		
DMA <sub>d</sub>	Diámetro medio de todas las fibras ameduladas	μ
DMA <sub>1d</sub>	DM de fibras ameduladas del GF1	μ
DMA <sub>2d</sub>	DM de fibras ameduladas del GF2	μ
DMA <sub>3d</sub>	DM de fibras ameduladas del GF3	μ
N%A <sub>1d</sub>	N% de fibras ameduladas del GF1	%
N%A <sub>2d</sub>	N% de fibras ameduladas del GF2	%
N%A <sub>3d</sub>	N% de fibras ameduladas del GF3	%
<b>TMED F:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar “A” por “F”	
<b>TMED I:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar “A” por “I”	
<b>TMED C:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar “A” por “C”	
<b>TMED G:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar “A” por “G”	
<b>N%A, N%F, N%I, N%C y N%G y las variables relacionadas (Figura 5):</b>		<b>División 2.2</b>
<b>TMED A:</b>		
N% <sub>A<sub>d</sub></sub>	Frecuencia de fibra relativa (N%) de las fibras ameduladas	%
N%A <sub>1d</sub>	N% de las fibras ameduladas del GF1	%
N%A <sub>2d</sub>	N% de las fibras ameduladas del GF2	%
N%A <sub>3d</sub>	N% de las fibras ameduladas del GF3	%
<b>TMED F:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar “A” por “F”	
<b>TMED I:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar “A” por “I”	
<b>TMED C:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar “A” por “C”	
<b>TMED G:</b>	Variables análogas a TMED A, reemplazar “A” por “G”	

### Subcapítulo 3.

#### Evaluación de la clasificación y del descordado sobre la calidad textil

\* Las variables marcadas con un asterisco existen en la base de datos y son utilizados para construir otra variable, pero no son mencionadas en el texto. Solamente son expresadas a través de una tabla o un gráfico.

\*\* Las variables marcadas con 2 asteriscos existen en la base de datos y son utilizadas para construir otra variable, pero no son mencionadas en el texto. Tampoco son graficadas.

**A) Variables medidas después de la implementación de la Disección Tripartita, a partir de los 3 grupos de fibra formados:**

**A1) Variables medidas para un GRUPO DE FIBRA**

<b>DM1e, DM2e y DM3e y las variables relacionadas (Fórmula 4, Figura 5):</b>		<b>División 3.8</b>
<b>GF1:</b>		
DM1e	Diámetro medio medido para el GF1	μ
DMA1e**	DM de fibras ameduladas del GF1	μ
DMF1e**	DM de fibras de médula fragmentada del GF1	μ
DMI1e**	DM de fibras de médula interrumpida del GF1	μ
DMC1e**	DM de fibras de médula continua del GF1	μ
DMG1e**	DM de fibras de médula gruesa del GF1	μ
N%A1e**	N% de fibras ameduladas del GF1	%
N%F1e**	N% de fibras de médula fragmentada del GF1	%
N%I1e**	N% de fibras de médula interrumpida del GF1	%
N%C1e**	N% de fibras de médula continua del GF1	%
N%G1e**	N% de fibras de médula gruesa del GF1	%
<b>GF2:</b>	Variables análogas a GF1, reemplazar "1" por "2"	
<b>GF3:</b>	Variables análogas a GF1, reemplazar "1" por "3"	
<b>Peso relativo (P%):</b>		
P%1e**	P% del GF1	%
P%2e**	P% del GF2	%
P%3e**	P% del GF3	%
<b>Frecuencia de fibra relativa (N%):</b>		
N%1e**	N% del GF1	%
N%2e**	N% del GF2	%
N%3e**	N% del GF3	%



<b>A2) Variables medidas para 3 FIBRAS INDIVIDUALES de cada GF</b>		
<b>Frecuencia de rizo (FR):</b>		<b>División 3.3</b>
FR1e*	Promedio de la FR de 3 fibras de GF1, elegidas al azar	ond./cm
FR2e*	Promedio de la FR de 3 fibras de GF2, elegidas al azar	ond./cm
FR3e*	Promedio de la FR de 3 fibras de GF3, elegidas al azar	ond./cm
<b>Frecuencia de fibra absoluta según GR:</b>		<b>División 3.4</b>
<b>GF1, GR2 y GF3:</b>		
NGR1e*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR1	cantidad
NGR2e*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR2	cantidad
NGR3e*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR3	cantidad
NGR4e*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR4	cantidad
NGR5e*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR5	cantidad
NGR6e*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR6	cantidad
NGR7e*	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras del GR7	cantidad
<b>Largo de fibra (L):</b>		<b>División 3.5</b>
L1e*	L del GF1	cm
L2e*	L del GF2	cm
L3e*	L del GF3	cm
<b>B) VARIABLES PONDERADAS a partir de DM1, DM2 y DM3 y a partir de N%1, N%2 y N%3 o de P%1, P%2 y P%3:</b>		
<b>DMTne y las variables relacionadas (Fórmula 3, Figura 5):</b>		<b>División 3.6 a 3.9</b>
DMTne	Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra (N%)	μ
DM1e	Diámetro medio medido para el GF1	μ
DM2e	Diámetro medio medido para el GF2	μ
DM3e	Diámetro medio medido para el GF3	μ
N%1e**	N% del GF1	%
N%2e**	N% del GF2	%
N%3e**	N% del GF3	%

<b>DMTne&lt;31 y las variables relacionadas (Fórmula 3, Figura 5):</b>		<b>División 3.6 a 3.9</b>
DMTne<31	Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra (N%), sólo de vellones con un DMTne menor 31 µm	µ
DM1e<31	Diámetro medio medido para el GF1, sólo de vellones con un DMTne menor 31 µm	µ
DM2e<31	Diámetro medio medido para el GF2, sólo de vellones con un DMTne menor 31 µm	µ
DM3e<31	Diámetro medio medido para el GF3, sólo de vellones con un DMTne menor 31 µm	µ
N%1e<31**	N% del GF1, sólo de vellones con un DMTne menor 31 µm	%
N%2e<31**	N% del GF2, sólo de vellones con un DMTne menor 31 µm	%
N%3e<31**	N% del GF3, sólo de vellones con un DMTne menor 31 µm	%
<b>DMTne&lt;28 y las variables relacionadas (Fórmula 3, Figura 5):</b>		<b>División 3.6 a 3.9</b>
DMTne<28	Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra (N%), sólo de vellones con un DMTne menor 28 µm	µ
DM1e<28	Diámetro medio medido para el GF1, sólo de vellones con un DMTne menor 28 µm	µ
DM2e<28	Diámetro medio medido para el GF2, sólo de vellones con un DMTne menor 28 µm	µ
DM3e<28	Diámetro medio medido para el GF3, sólo de vellones con un DMTne menor 28 µm	µ
N%1e<28**	N% del GF1, sólo de vellones con un DMTne menor 28 µm	%
N%2e<28**	N% del GF2, sólo de vellones con un DMTne menor 28 µm	%
N%3e<28**	N% del GF3, sólo de vellones con un DMTne menor 28 µm	%

**Abreviaciones por orden alfabético:**

<p>*** Todas las variables relacionadas a fibras ameduladas que contienen una "A" en su abreviación, de forma análoga, también existen para las fibras de médula fragmentada, interrumpida, continua y gruesa. Para su denominación se reemplaza la letra "A" por "F", "I", "C" y "G" respectivamente.</p>		
1	"1" por ser una variable correspondiente al GF1	-----
2	"2" por ser una variable correspondiente al GF2	-----
3	"3" por ser una variable correspondiente al GF3	-----
A	Fibra amedulada	-----
AM2	Máquina descordadora industrial	-----
c	Variable correspondiente a la tropa experimental completa (Subcapítulo 1)	-----
C	Fibra de médula continua	-----
CI	Tipo de vellón Capa Intermedia	-----
CV	Coefficiente de Variación	-----
d	"d" por ser una variable correspondiente al producto del descordado (Subcapítulo 2)	-----
DC	Tipo de vellón Doble Capa	-----
DE	Desvío estándar	$\mu$
DE1	DE de DM1 (Subcapítulo 1, experimental)	$\mu$
DE2	DE de DM2 (Subcapítulo 1, experimental)	$\mu$
DE3	DE de DM3 (Subcapítulo 1, experimental)	$\mu$
DM	Diámetro medio	$\mu$
DM1	Diámetro medio medido para el GF1 (Subcap. 1, experimental)	$\mu$
DM1d	Diámetro medio medido para el GF1 (Subcap. 2, producto)	$\mu$
DM1e	Diámetro medio medido para el GF1 (Subcapítulo 3)	$\mu$
DM1e<28	Diámetro medio medido para el GF1, sólo de vellones con un DMTne menor 28 $\mu\text{m}$	$\mu$
DM1e<31	Diámetro medio medido para el GF1, sólo de vellones con un DMTne menor 31 $\mu\text{m}$	$\mu$
DM2	Diámetro medio medido para el GF2 (Subcap. 1, experimental)	$\mu$
DM2d	Diámetro medio medido para el GF2 (Subcap. 2, producto)	$\mu$
DM2e	Diámetro medio medido para el GF2 (Subcapítulo 3)	$\mu$
DM2e<28	Diámetro medio medido para el GF2, sólo de vellones con un DMTne menor 28 $\mu\text{m}$ (Subcapítulo 3)	$\mu$
DM2e<31	Diámetro medio medido para el GF2, sólo de vellones con un DMTne menor 31 $\mu\text{m}$ (Subcapítulo 3)	$\mu$

DM3	Diámetro medio medido para el GF3 (Subcap. 1, experimental)	μ
DM3d	Diámetro medio medido para el GF3 (Subcap. 2, producto)	μ
DM3e	Diámetro medio medido para el GF3 (Subcapítulo 3)	μ
DM3e<28	Diámetro medio medido para el GF3, sólo de vellones con un DMTne menor 28 μm (Subcapítulo 3)	μ
DM3e<31	Diámetro medio medido para el GF3, sólo de vellones con un DMTne menor 31 μm (Subcapítulo 3)	μ
DMA***	Diámetro medio de todas las fibras ameduladas (Subcapítulo 1, experimental)	μ
DMA1***	DM de fibras ameduladas del GF1 (Subcapítulo 1, experimental)	μ
DMA1d***	DM de fibras ameduladas del GF1 (Subcapítulo 2, producto)	μ
DMA2***	DM de fibras ameduladas del GF2 (Subcapítulo 1, experimental)	μ
DMA2d***	DM de fibras ameduladas del GF2 (Subcapítulo 2, producto)	μ
DMA3***	DM de fibras ameduladas del GF3 (Subcapítulo 1, experimental)	μ
DMA3d***	DM de fibras ameduladas del GF3 (Subcapítulo 2, producto)	μ
DMAd***	Diámetro medio de todas las fibras ameduladas (Subcapítulo 2, producto)	μ
DMAv***	DM de fibras ameduladas (Subcapítulo 1, experimental)	μ
DMAvo***	DM de fibras ameduladas (Subcapítulo 1, observacional)	μ
DMT	DM de una mecha completa, "T" de "total", o sea incluyendo al total de las fibras de una mecha. El DMT puede ser medido desde una mecha de un vellón (DMTv, DMTvc y DMTvo) o puede ser ponderado a través de los 3 GF que componen una mecha completa entre sí (DMTp y DMTn).	μ
DMTn	Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra (N%) (Subcapítulo 1, experimental)	μ
DMTnd	Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra (N%) (Subcapítulo 2, producto)	μ
DMTne	Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra (N%) (Subcapítulo 3)	μ
DMTne<28	Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra (N%), sólo de vellones con un DMTne menor 28 μm (Subcapítulo 3)	μ
DMTne<31	Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra (N%), sólo de vellones con un DMTne menor 31 μm (Subcapítulo 3)	μ
DMTp	Diámetro medio total ponderado por peso (P%) (Subcapítulo 1, experimental)	μ

DMTpd	Diámetro medio total ponderado por peso (P%) (Subcapítulo 2, producto)	μ
DMTv	Diámetro medio total medido para una mecha que fue extraída de un vellón (Subcapítulo 1, 20 animales experimentales)	μ
DMTvc	Diámetro medio total medido para una mecha que fue extraída de un vellón (Subcapítulo 1, tropa experimental completa)	μ
DMTvo	Diámetro medio total medido para una mecha que fue extraída de un vellón (Subcapítulo 1, observacional)	μ
e	“e” por ser una variable correspondiente al estudio respecto a la estructura del vellón (Subcapítulo 3)	-----
F	Fibra de médula fragmentada	-----
FR	Frecuencia de rizo (ondulaciones/cm = ond./cm)	ond./cm
FR1	Promedio de la FR de 3 fibras de GF1, elegidas al azar (Subcapítulo 1, experimental)	ond./cm
FR1d	Promedio de la FR de 3 fibras de GF1, elegidas al azar (Subcapítulo 2, producto)	ond./cm
FR2	Promedio de la FR de 3 fibras de GF2, elegidas al azar (Subcapítulo 1, experimental)	ond./cm
FR2d	Promedio de la FR de 3 fibras de GF2, elegidas al azar (Subcapítulo 2, producto)	ond./cm
FR3	Promedio de la FR de 3 fibras de GF3, elegidas al azar (Subcapítulo 1, experimental)	ond./cm
FR3d	Promedio de la FR de 3 fibras de GF3, elegidas al azar (Subcapítulo 2, producto)	ond./cm
G	Fibra de médula gruesa	-----
GF	Grupo de fibra (GF1, GF2 y GF3)	-----
GF1	GF de fibras gruesas	-----
GF2	GF de fibras intermedias	-----
GF3	GF de fibras finas	-----
GR	Grupo de rizo (GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6 y GR7) según el Diagrama de Grupos de Rizo para Fibra de Llama (Figura 3)	-----
GR1	Grupo de rizo 1	-----
GR2	Grupo de rizo 2	-----
GR3	Grupo de rizo 3	-----
GR4	Grupo de rizo 4	-----
GR5	Grupo de rizo 5	-----
GR6	Grupo de rizo 6	-----

GR7	Grupo de rizo 7	-----
HL	Tipo de vellón Hemi Lustre	-----
I	Fibra de médula interrumpida	-----
KW	Test de Kruskal Wallis	-----
L	Tipo de vellón Lustre	-----
L	Largo de fibra	cm
L1	L del GF1 (Subcapítulo 1, experimental)	cm
L1d	L del GF1 (Subcapítulo 2, producto)	cm
L1s	L del GF1 (Subcapítulo 2, subproducto)	cm
L2	L del GF2 (Subcapítulo 1, experimental)	cm
L2d	L del GF2 (Subcapítulo 2, producto)	cm
L2s	L del GF2 (Subcapítulo 2, subproducto)	cm
L3	L del GF3 (Subcapítulo 1, experimental)	cm
L3d	L del GF3 (Subcapítulo 2, producto)	cm
L3s	L del GF3 (Subcapítulo 2, subproducto)	cm
LAFTA	Laboratorio de Análisis de Fibra Textil Animal	-----
N	Frecuencia de fibra absoluta	cantidad
n	"n" por ser un DM ponderado según la frecuencia de fibra relativa (N%)	-----
N%	Frecuencia de fibra relativa	%
N%1	N% del GF1 (Subcapítulo 1, experimental)	%
N%1d	N% del GF1 (Subcapítulo 2, producto)	%
N%2	N% del GF2 (Subcapítulo 1, experimental)	%
N%2d	N% del GF2 (Subcapítulo 2, producto)	%
N%3	N% del GF3 (Subcapítulo 1, experimental)	%
N%3d	N% del GF3 (Subcapítulo 2, producto)	%
N%A***	Frecuencia de fibra relativa (N%) de las fibras ameduladas (Subcapítulo 1, experimental)	%
N%A1***	N% de fibras ameduladas del GF1 (Subcapítulo 1, experimental)	%
N%A1d***	N% de fibras ameduladas del GF1 (Subcapítulo 2, producto)	%
N%A2***	N% de fibras ameduladas del GF2 (Subcapítulo 1, experimental)	%
N%A2d***	N% de fibras ameduladas del GF2 (Subcapítulo 2, producto)	%
N%A3***	N% de fibras ameduladas del GF3 (Subcapítulo 1, experimental)	%
N%A3d***	N% de fibras ameduladas del GF3 (Subcapítulo 2, producto)	%
N%Ad***	Frecuencia de fibra relativa (N%) de las fibras ameduladas (Subcapítulo 2, producto)	%
N%Av***	N% de las fibras ameduladas (Subcapítulo 1, experimental)	%

NA***	Frecuencia de fibra absoluta de las fibras ameduladas	cantidad
o	“o” por ser una variable correspondiente a la base de datos observacionales (Subcapítulo 1)	-----
P	Peso absoluto	g
p	“p” por ser un DM ponderado según el peso relativo ( <b>P%</b> )	-----
P%	Peso relativo	%
P%1	P% del GF1 (Subcapítulo 1, experimental)	%
P%1d	P% del GF1 (Subcapítulo 2, producto)	%
P%2	P% del GF2 (Subcapítulo 1, experimental)	%
P%2d	P% del GF2 (Subcapítulo 2, producto)	%
P%3	P% del GF3 (Subcapítulo 1, experimental)	%
P%3d	P% del GF3 (Subcapítulo 2, producto)	%
PERIMc	Perímetro torácico (animales experimentales, tropa completa)	cm
PERIMo	Perímetro torácico (base de datos organizacional)	cm
R	Resto (Disección Tripartita)	-----
s	“s” por ser una variable correspondiente al subproducto de descordado (Subcapítulo 2)	-----
SC	Tipo de vellón Simple Capa	-----
Sin letra en minúscula	Variables sin letra son correspondientes a la base de datos experimentales (Subcapítulo 1)	-----
SUPPRAD	Sustentabilidad Productiva y Promoción de Áreas Desfavorecidas	-----
TMED	Tipo de médula (A, F, I, C y G)	-----
TV	Tipo de vellón (DC, CI, SC, HL y L)	-----
UCC	Universidad Católica de Córdoba, Argentina	-----
v	“v” por ser un DM de una mecha extraída de un vellón (Subcapítulo 1)	-----

## **RESUMEN:**

El estudio de la estructura de vellón de llama se llevó a cabo con el objetivo de determinar si el envejecimiento del animal modifica la estructura de vellón desfavorablemente desde el punto de vista de la calidad textil ("micron blowout"). Asimismo, el objetivo apunta a verificar si una eventual pérdida de calidad textil es rectificable con el procesamiento de descordado industrial. Por lo tanto, no se estudió solamente la estructura de vellón, sino también lotes de fibra procesados, los cuales forman una estructura de fibra específica. El análisis se realizó, por un lado, según grupos de fibra, o sea diferenciando según los tres grupos de fibra que se forman al implementar la Disección Tripartita (GF1, GF2 y GF3), y por otro lado según los cinco tipos de fibra, los cuales están determinados en principio por su médula (tipos de médula A, F, I, C, y G). Se comprobó que el envejecimiento del animal produce una pérdida de la calidad textil, ya que se modifica la estructura de vellón desfavorablemente y que el engrosamiento del diámetro medio total de fibra (DMTn) se origina en todos los grupos de fibra y todos los tipos de fibra, aunque en mayor medida en el tipo de fibra de médula grande (G) que está contenido en el grupo de fibras gruesas (GF1). A su vez, se confirmó que el descordado modifica la estructura de fibra mejorando la calidad textil y que la modificación fundamentalmente se origina en la separación de las fibras gruesas del lote de fibras, lo cual es la principal razón para la reducción del diámetro medio total del producto de descordado (DMTnd). Asimismo, se comprobó que, si bien el descordado como proceso para mejorar la calidad textil es efectivo, no es suficiente por sí solo, sino que una clasificación de los vellones según finura previa es necesaria. La razón para esto es que solamente se obtiene un producto de descordado de alta calidad si los vellones procesados son de un DMTn relativamente reducido, porque solamente estos contienen las fibras deseadas superfinas y finas. Además, se determinó que la clasificación según finura también es una medida efectiva para mejorar la calidad textil, pero que, por sí sola, tampoco es suficiente, ya que no permite separar las fibras gruesas u objetables, las cuales están incluidas inclusive en los vellones de DMTn más reducido. Al implementar ambas medidas, una clasificación según finura, incluyendo a vellones de un DMTn de hasta 28 o 31  $\mu\text{m}$ , y un descordado posterior, se logra materia prima de un DMTnd de 21,6 o 22,8  $\mu\text{m}$  respectivamente. Por último, se destacó la necesidad de implementar una clasificación según tipos de vellón antes del descordado, juntando vellones Doble Capa (DC), Capa Intermedia (CI) y Simple Capa (SC) por un lado y vellones Hemi Lustre (HL) y Lustre (L) por otro, ya que la separación según tipos de vellón posibilita un comportamiento parecido de los vellones procesados, lo cual permite una mejor puesta a punto de la maquina descordadora. Además, esta medida homogeniza la materia prima respecto a su frecuencia de ondulación y grupos de ondulación (rizo) y posibilita un mejor desempeño de la fibra en el proceso productivo.

## **Palabras clave:**

Llama, tipo de vellón, estructura de vellón, médula, engrosamiento, calidad textil, descordado, clasificación, disección



**ABSTRACT:**

The study of the llama fleece structure was carried out to determine if, from the point of view of textile quality, the ageing of the animal modifies unfavourably the fleece structure (micron blowout). Furthermore, the objective of the study aims to verify if a potential loss in textile quality is rectifiable with an industrial dehairing process. Thus, not only the fleece structure was analysed but processed fibre lots too, which form a certain fibre structure. The analysis was realized, on one hand, according to the three fibre groups, which result by implementing the Three-Group-Dissection (FG1, FG2 y FG3), and according to the five fibre types, on the other hand, which are determined in principle by its medulla (medulla types A, F, I, C, G). The results showed, that the animal ageing reduces the textile quality, because the fleece structure is modified unfavourably and that micron blowout regarding the total mean fibre diameter (TMFDn) has its origin in all fibre groups and all fibre types, but more so in the fibre type of large medulla (G, lattice), which is contained in the fibre group of the coarse fibres (FG1). In addition, it was confirmed that the processing step of dehairing modifies the fibre structure improving the textile quality and that the modification has its origin mainly in the separation of the coarse fibres out of the fibre lot, which is the main reason for the reduction of the total mean fibre diameter of the dehairing product (TMFDnd). Also, it was verified that, although dehairing is an efficient measure in order to improve textile quality, it is not sufficient on its own, but needs of a previous fleece classing regarding fineness. As reason therefore was found that a high-quality dehairing product can be obtained only if the processed fleeces are of relatively reduced TMFDn, given that only these contain the desired fine and super fine fibres. Furthermore, it was confirmed that classing regarding fineness also is an effective measure in order to improve textile quality, but on its own is not sufficient either, because it does not allow to separate coarse or objectionable fibres, which are contained even in the fleeces of reduced TMFDn. Implementing both measures, as to say, classing regarding fineness including fleeces of a TMFDn of up to 28 or 31  $\mu\text{m}$ , and thereafter dehairing, raw material of a TMFDnd of 21.6 or 22.8  $\mu\text{m}$  respectively is obtained. Finally, the need of implementing classing regarding fleece types previous to dehairing was determined, joining Double Coated (DC), Intermediate Coated (IC) and Simple Coated (SC) fleeces on one hand and Hemi Lustre (HL) and Lustre (L) fleeces on the other, because the separation according to fleece types leads to a unified behaviour of the processed fleeces, which allows a better adjustment of the dehairing machine. Also, this measure helps to assemble the most homogenous raw material regarding crimp frequency and crimp type and enhances a better behaviour of the fibre during the manufacturing process.

**Keywords:**

Llama, fleece type, fleece structure, medulla, micron blowout, textile quality, dehairing, classing, dissection

## **ZUSAMMENFASSUNG:**

Die Untersuchung der Lama-Vliese diente dazu herauszufinden, ob das Altern der Lamas die Textilqualität beeinträchtigt („micron blowout“). Außerdem hatte die Untersuchung zum Ziel, zu klären, ob eine mögliche Reduzierung der Textilqualität durch das Entgrannen als Teil eines industriellen Spinnverfahrens korrigierbar ist. Deshalb wurde nicht nur die Struktur von Vliesen untersucht, sondern auch die Struktur von Faser-Chargen, die sich in der Verarbeitung befinden und eine ganz bestimmte Faserstruktur aufweisen. Zum einen wurden die drei verschiedenen Fasergruppen untersucht, die bei der Zerlegung einer Vliesprobe in ihre Einzelfasern entstehen (GF1, GF2 und GF3). Zum anderen die fünf Fasertypen, die im Prinzip durch ihre Medullation (Medullationstyp A, F, I, C, und G) definiert werden. Eine Beeinträchtigung der Textilqualität durch das Altern der Tiere wurde bestätigt, da die Vliesstruktur dadurch nachteilig beeinflusst wird und der Mittlere Durchmesser des gesamten Vlieses (DMTn) zunimmt. Dies ist durch Veränderungen bei allen Fasergruppen und bei allen Fasertypen bedingt, aber am meisten beim Fasertyp mit grober Medullation (G), der in der Fasergruppe der groben Fasern (GF1) enthalten ist. Es wurde bestätigt, dass das Entgrannen die Faserstruktur verändert und dadurch die Textilqualität verbessert wird. Diese Verbesserung erfolgt vor allem durch die Absonderung der groben Fasern, was die Hauptursache für die Reduzierung des Mittleren Durchmessers des Endprodukts des Entgrannens (DMTnd) ist. Obwohl eine Verbesserung der Textilqualität durch das Entgrannen belegt werden konnte, wurde festgestellt, dass diese Maßnahme allein nicht ausreicht, sondern dass davor eine Sortierung der Vliese nach Feinheit nötig ist. Der Grund dafür ist, dass beim Entgrannen nur dann ein Endprodukt hoher Qualität gewonnen werden kann, wenn die verarbeiteten Vliese einen relativ niederen DMTn haben, denn nur diese enthalten die gewünschten feinen und superfine Fasern. Die Untersuchung bestätigte außerdem, dass auch die Sortierung nach Feinheit der Vliese eine effektive Methode zur Verbesserung der Textilqualität ist. Dies reicht jedoch auch nicht als einzige Maßnahme aus, da dadurch das grobe Deckhaar, das heißt die Grannenhaare, die sogar in den feinsten Vliesen enthalten sind, nicht abgesondert werden. Durch Anwendung beider Methoden, genauer gesagt zuerst durch eine Sortierung der Vliese nach einem DMTn von bis zu 28 oder 31  $\mu\text{m}$ , gefolgt vom Entgrannen, wird ein Rohstoff von jeweils 21,6 oder 22,8  $\mu\text{m}$  DMTnd gewonnen. Abschließend wurde die Notwendigkeit einer Sortierung nach Vliestypen festgestellt, und zwar indem die Vliestypen Doble Capa (DC), Capa Intermedia (CI) und Simple Capa (SC) von den Vliestypen Hemi Lustre (HL) und Lustre (L) getrennt werden. Die Trennung der Vliestypen erlaubt ein einheitliches Verhalten der Vliese bei ihrer Verarbeitung, wodurch die Apparatur für das Entgrannen besser justiert werden kann. Außerdem wird auf diese Weise der Rohstoff in Bezug auf die Crimp-Frequenz und den Wellentyp homogener, wodurch der Verarbeitungsprozess der Fasern verbessert wird.

## **Schlüsselwörter**

Lama, Vliestypen, Vliesstruktur, Medullation, „Mikron Blowout“, Textilqualität, Entgrannen, Sortierung, Zerlegung einer Vliesprobe in ihre Einzelfasern

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La llama es un animal típicamente multipropósito, siendo la producción de fibra y/o de carne dos actividades importantes que tienen más o menos peso según el país y la zona. Ambas pueden ser desarrolladas con un fin económico y la perspectiva de generar ingresos para las áreas desfavorecidas dónde se crían estos animales, ya que es factible realizar la cría en condiciones muy desfavorables, por ejemplo, respecto al clima y la falta de abundancia de forraje. De todas maneras, el desarrollo de un mercado formal de carne de llama tiene mayor complejidad, por ejemplo, por la necesidad de contar con frigoríficos habilitados. En Argentina, la carne de llama generalmente es destinada al consumo propio por parte del criador o bien a la venta informal, mientras que la fibra de llama cuenta con la posibilidad de ser acopiada y llevada a un mercado formal. Además, existe una perspectiva relacionada a la producción de fibra como materia prima debido a su excelente comportamiento textil. La calidad textil está dada por el diámetro medio y su distribución, los tipos de vellón que conforman estructuras diferenciables y, en menor medida, por el color de la fibra (Adot & Frank, 2015).

El precio que el productor recibe por kilogramo de fibra está determinado por el color y el diámetro medio fundamentalmente (Vinella, 1994). Esto significa que, si un productor vende vellones blancos el precio por kilogramo es diferente al que obtiene por vellones de color marrón o negro. Además, significa que, si vende vellones de fibra fina, su precio por kilogramo es diferenciado, porque la fibra es de mejor calidad textil. Según McGregor (1997, 2006) un reducido diámetro medio total de fibra es el factor de mayor importancia en relación al valor de mercado de vellones de alpaca en Australia. Por otro lado, ya que un productor de fibra vende su fibra por kilogramo, esto lógicamente significa que, según la cantidad de fibra vendida, varía el ingreso del productor. En cambio, según la cantidad de fibra vendida, no varía en el precio. Esto es así, porque, por ejemplo, un productor que vende 10 kg de fibra de cierta calidad obtiene el mismo precio (pesos/kg o dólares/kg) que un productor que vende 100 kg de fibra de la misma calidad.

En resumen, el productor puede mejorar sus ingresos, por producir y vender más cantidad y a la vez, por mejorar la calidad de la fibra. Esto último, siempre y cuando la mejor calidad se vea reflejada en un precio mayor. Sin duda, una mejor calidad de fibra conlleva a un valor mayor para el usuario de una prenda textil, pero ese valor no se transforma automáticamente en un precio mayor de la materia prima. En la práctica de la producción de fibra, esto se plasma en que un vellón de un animal joven de fibra superfina puede pesar entre 1,5 y 1,7 kg aproximadamente, mientras que un vellón de un animal de edad avanzada de fibra muy gruesa puede pesar 3 kg o más. Entonces, si un animal produce un vellón pesado, por un lado, eso tiene la posibilidad de aumentar el ingreso del productor por vender más kilogramos,

pero, por otro lado, si el vellón es pesado por tratarse de fibra gruesa, puede reducir la posibilidad del ingreso por obtener un precio bajo por kilogramo o, directamente, no encontrar un comprador. Por lo tanto, el debate de esta tesis está enmarcado en la disyuntiva entre cantidad (kg) y calidad (reflejada en pesos/kg o dólares/kg) de la fibra.

Los factores que afectan la producción de fibra en los Camélidos Sudamericanos Domésticos (CSD), tanto en cantidad como en calidad, pueden ser divididos estrictamente en factores ambientales específicos y en factores genéticos (Frank et al., 1995; Frank et al., 2006a). Los factores ambientales específicos han sido divididos en permanentes o internos y temporarios o externos. Mientras que los ambientales afectan a la población en general (alimentación y manejo), los genéticos afectan al individuo (sexo, efectos maternos, la propia edad del animal, estado reproductivo, etc.) (Turner & Young, 1969; Frank et al., 2006a). Por otra parte, la variación de la estructura del vellón tiene especial efecto sobre la calidad del producto final en la mayoría de las lanas que se comercializan en el mundo (Wickham, 1984). Esto también ha sido ampliamente demostrado en estudios con fibra de llamas argentinas y sus diferentes tipos de vellón (Frank, 2001; Frank et al., 2007a; Ídem, 2007c).

Los factores externos que modifican la respuesta productiva en alpacas son la edad del animal, la edad de la madre y, además, el año y día de nacimiento (Bravo, 1973). Para el peso de vellón el número de esquilas y el año de la esquila resultan significativos (Ruiz de Castilla et al., 1992). En poblaciones de llamas argentinas, se encuentran diferencias significativas entre edades para diámetro medio, coeficiente de variación del diámetro, largo de mecha y grado de medulación (Frank et al., 1985). Para el peso de vellón resulta significativa la diferencia entre localidades y edad y no así para tipo de esquila, mientras que el diámetro medio es afectado por el tipo de esquila, edad y largo de mecha (Frank y Nuevo Freire, 1993).

Además, es importante diferenciar entre el tiempo de crecimiento de la fibra, que es equivalente al tiempo que transcurre entre una esquila y la siguiente (intervalo de esquila), y la edad del animal. Se puede hablar de una interacción entre ambos efectos, no obstante, ambos se pueden confundir. Mientras que la clase de edad aumenta indudablemente año tras año, la esquila no necesariamente es anual, y puede haber animales para los que la primera esquila se realiza recién a los tres años de edad. Cuando se separan el intervalo de esquila y la edad del animal, se verifica que las sucesivas esquilas que se realizan durante los años, por sí mismas, no afectan el diámetro de la fibra. A tal punto, que, procesando una mecha en las porciones que se corresponden a diferentes tiempos de crecimiento (posiblemente de una mecha de varios años de crecimiento), se verifica una diferencia de diámetro, demostrando que esto depende de la edad y no del efecto de las sucesivas esquilas (Frank et al., 2006a).

La influencia de la edad en el diámetro de la fibra de los ovinos es sustancial. De un análisis de un gran número de registros de lana de diámetro de fibra mediano en Nueva Gales del Sur, el diámetro de la fibra en carneros jóvenes aumentó 0,3  $\mu\text{m}$  por mes durante el período de 8 a 18 meses de edad (Atkins & Semple, 1991). En un ejemplo, donde se midió un grupo de carneros en tres ocasiones diferentes, el diámetro promedio de fibra aumentó en 1  $\mu\text{m}$  entre los 6 y 10 meses de edad, y otros 3  $\mu\text{m}$  en los siguientes 6 meses. Entre las observaciones de dos y cuatro dientes en carneros, el diámetro de la fibra generalmente aumenta en 2  $\mu\text{m}$ . Esto sucede para la cría a campo y en cobertizo, lo cual indica que el hecho que los animales estén más resguardados del frío no evita el aumento del diámetro de la lana y muestra el efecto de la edad sobre el diámetro (Roberts, 1970).

La producción de fibra y las características del vellón están influenciados por la edad. La tasa de crecimiento de fibra aumenta desde el nacimiento hasta un máximo de 3 a 4 años de edad, tras lo cual declina. El efecto es similar para muchas razas de ovejas (Bigham et al., 1978; Brown et al., 1966, Ídem, 1968; Hight et al., 1976), cabras productoras de Cachemira (Gifford et al., 1990) y las cabras de Angora (Stapleton, 1978). Hay varios informes acerca de efectos de la edad sobre las características de peso del vellón de Merino. Durante la fase de disminución de la producción de lana hay una disminución progresiva en la densidad de los folículos activos y una reducción en el volumen de fibra. Aunque el diámetro medio de fibra aumenta, hay una reducción relativamente mayor de la longitud de fibra (Brown et al., 1968). El rendimiento al lavado, el color y la "mano", o sea la sensación al tacto relacionada al contacto de la mano con una tela o prenda, también se deterioran (Mullaney et al., 1969); la frecuencia de rizo decae (Brown et al., 1968) y las anomalías del "crimpado" aumentan (Chapman & Jackson, 1972). Los datos publicados sobre tendencias de la edad y sobre las características de peso del vellón de otras razas de ovejas y cabras son limitados, pero sugieren tendencias similares a los reportados para Merinos. En ovejas cruzadas de Nueva Zelanda se estudió la influencia de la edad sobre la voluminosidad y sus componentes, siendo el diámetro el que aumenta en relación directa con el aumento de peso corporal hasta los 3 años (Sumner & Upsdell, 2001).

Por otro lado, se encontró que la densidad folicular total disminuye con la edad y no muestra modificaciones con el tipo de esquila, localidad, ni tipo de vellón, presentando igual comportamiento la densidad folicular de secundarios, mientras que la densidad folicular de primarios no muestra diferencias de ningún tipo. Entre las variables foliculares de cortes verticales de piel las más afectadas por efectos externos son: longitud folicular, ángulo de inserción folicular y área de la papila bulbar (Frank et al., 1993; Ídem, 2006b).

En alpacas y llamas de Perú y llamas de Argentina se ha observado que el fenotipo negro tiene menor diámetro de fibra, menor medulación y mayor largo de mecha que los fenotipos blancos y de color (Valjalo Cepeda, 1964; Cardozo et al., 1981; Frank et al., 1985; Ruiz de Castilla & Olaguibel de Olivera, 1991). Sin embargo, otros autores describieron la fibra negra como la más gruesa, la blanca como la más fina y los colores crema y café con finuras intermedias (Oria et al., 2009) o no encuentran diferencias estadísticamente significativas para diámetro medio entre colores (Trejo, 1986; Renieri et al., 1991). Pero, Trejo (1986) encuentra diferencias estadísticamente significativas para color en largo de fibra en alpacas peruanas.

El tipo de vellón presenta diferencias significativas en peso de vellón, largo de mecha, diámetro medio y medulación en llamas argentinas (Frank et al., 1985), mientras que para variables foliculares solo se encuentran diferencias significativas en la variable ángulo de inserción folicular (Frank et al., 2006a) en animales de igual origen. También esos efectos se pueden visualizar a nivel de las variables de la fibra y de la piel en otras especies animales: ovinos, caprinos de Angora, caprinos de Cachemira (Russel, 1994), conejos de Angora (Thébault & Allain, 1994) y guanacos (Moseley, 1995).

En un trabajo australiano con alpacas peruanas se determinó que la heredabilidad de la característica del “micron blowout” que se observa entre diferentes edades es baja (Munyard & Greeff, 2013). Este trabajo explica la dificultad de modificar el problema del “micron blowout” por vía genética. Mientras tanto, el descordado mecánico reduce la cantidad de fibras gruesas u objetables (folículos primarios) y acorta la longitud de la fibra (Batten, 2003). Estos dos efectos, la reducción de las fibras objetables y el acortamiento de la fibra, tienen sentido contrario respecto a lo deseado, por lo tanto, un buen descordado debe lograr un equilibrio adecuado entre ambos.

El fin de esta tesis es estudiar posibles medidas a través de las cuales se logren obtener lotes de fibra más homogéneos y, así, ofrecer materia prima de mayor calidad al mercado textil. El descordado es un paso productivo que está diseñado para dar respuesta a la necesidad de homogeneizar fibra animal, más que todo en Cachemira (McGregor, 2018), pero no se lo ha estudiado lo suficiente en relación a fibra de llama. Por ende, una problemática general a la que esta tesis aporta respuestas es una falta de conocimiento que existe en relación a la fibra de llama como materia prima textil. Como para que el interés de la industria textil hacia la fibra de llama aumente, es fundamental que sus características sean entendidas a fondo y, así, poder darle la mejor utilidad posible mediante la mejora del procesamiento textil. Para ese fin es necesario generar un entendimiento de la fibra de llama que sea capaz de explicar su complejidad.

En este contexto y para dar una respuesta concreta a la problemática mencionada, surge la siguiente **HIPÓTESIS GENERAL**:

En llamas argentinas, el incremento de la edad del animal modifica la estructura de vellón desfavorablemente desde el punto de vista de la calidad textil, lo cual es rectificado con el procesamiento de descordado.

La hipótesis general abarca a tres diferentes temas que están intrínsecamente relacionados con la calidad textil de la fibra de llama:

- El efecto de la edad del animal sobre la estructura de vellón que modifica la calidad textil de la fibra.
- El efecto del descordado sobre la estructura de fibra dentro de un lote de fibra que mejora su calidad textil.
- Los atributos de la fibra que definen la estructura de vellón de llama y, al mismo tiempo, ciertas medidas que se pueden implementar para modificar la estructura de fibra dentro de un lote de fibra y, por lo tanto, su calidad textil.

La secuencia elegida para el desarrollo de esta tesis es la de diferenciar y desglosar estos tres temas de la hipótesis general y abordarlos en diferentes hipótesis específicas. En el Subcapítulo 1 se describe la modificación de la estructura de vellón producida por el efecto de la edad, luego, en el Subcapítulo 2, se analiza el efecto del descordado sobre la estructura de fibra dentro de un lote de fibra y en el Subcapítulo 3 se evalúan medidas específicas para mejorar la calidad textil, integrando los aportes previos. Esta división en 3 subcapítulos es pertinente ya que los tres temas se analizan a través de diferentes materiales, los cuales responden a la necesidad de análisis de cada tema específicamente.

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Estudiar la estructura de vellón de una población de llamas productivamente controladas, determinar información relacionada a la calidad textil y a las modificaciones que produce el incremento de la edad y los tipos de vellón, como así mismo, explorar una posible solución a la pérdida de calidad textil a través del procesamiento de descordado.

Adicionalmente a los tres temas mencionados, existe una temática que, implícitamente, está incluida en el objetivo general y que está relacionada a la presencia de fibras objetables. Esta temática se incluye a lo largo de los diferentes subcapítulos como para avanzar en su evaluación. Además, una intención implícita que contiene el objetivo general es la de generar recomendaciones que permitan reducir el efecto desfavorable de la edad sobre la calidad textil de la fibra producida por llamas argentinas y poder ofrecer fibra más homogénea al mercado.

Tal como lo especifica el título de esta tesis, este trabajo de investigación trata sobre la “estructura de vellón de llama”, lo cual consiste en el modo en el que sus fibras están ordenadas en el vellón. Pero, antes de comenzar el procesamiento textil, se mezclan las fibras de muchos vellones y, por lo tanto, desaparece el vellón como unidad aislada y, también, su estructura original. Se pasa a manejar “fibra de llama” como materia prima, o sea un lote de fibra. Y, así como el vellón de llama es un conjunto de fibras de diferente tipo que se ordenan en una estructura específica, también se produce una estructura específica de un conjunto de fibras cuando, entre muchos vellones, se arma un lote de fibra para ser destinado a la industria textil. Entonces, se puede decir que el conjunto de fibras que se encuentra dentro del procesamiento textil, también tiene cierta “estructura” o “estructura de fibra”. O sea que, al mencionar el termino “estructura de fibra” en el contexto de esta tesis, no se refiere a la estructura de una fibra individual sino a la estructura de un conjunto de fibras incluidas en un lote de fibra antes o durante el procesamiento textil.

## **1. Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama**

Estudios realizados confirman que la calidad de la fibra de llama se reduce con el aumento de la edad del animal, porque se produce un engrosamiento de la fibra (Frank et al., 2006b). Este aumento del diámetro medio de fibra se conoce también en relación a otras especies y es nombrado con la denominación en inglés “micron blowout”. Pero, en relación a otros atributos de fibra, el efecto de la edad todavía no fue estudiado y no se ha determinado aún cómo se afecta la estructura de vellón de llama. Queda pendiente detectar cómo cambian, con el aumento de la edad, las fibras finas, por un lado, y las gruesas, por otro, siendo evaluadas como grupos separados.

Para poder realizar un análisis más detallado del efecto de la edad, en este trabajo de investigación, se implementa la Disección Tripartita que ofrece una observación según los grupos de fibra que se separan en el proceso de descordado (Singh, 2003). A través de la Disección Tripartita se separa el grupo de las fibras más finas de la mecha, lo cual permite evaluar cuán finas realmente son. Y, a la vez, se separa el grupo de las fibras más gruesas y se hace posible evaluar cuántas de esas fibras se encuentran incluidas en la mecha.

En el Subcapítulo 1, se introduce el método central de esta tesis que es la Disección Tripartita cuyo procedimiento de implementación está descrito en detalle. Al implementar esta disección, se parte de una sola mecha y se forman tres grupos de fibra (GF1, GF2 y GF3). Es así que surge una descripción de la estructura de vellón de llama según grupos de fibra (GF) y se revela de cuál manera se puede describir y analizar el vellón según lo que ofrece este



tipo de disección. Los tres GF son, por un lado, el grupo con las fibras más gruesas de una muestra (GF1), por otro lado, uno con las fibras intermedias (GF2) tanto como otro grupo con las fibras más finas (GF3).

La información sobre los atributos de la fibra se proporciona para cada grupo por separado y revela atributos relacionados a la calidad textil que es diferente para cada grupo. De esta manera, se puede describir la estructura de vellón de llama de forma novedosa y se ofrece información específica que se podrá utilizar en la toma de decisión para el sector agropecuario al producir fibra de llama tanto como para el procesamiento textil posterior. Además, se apunta a evaluar, si la implementación de la Disección Tripartita para disecar una muestra de fibra de llama, proporciona información consistente que sea útil para evaluar ciertos atributos relacionados a la calidad textil de la muestra.

La heterogeneidad del vellón de llama y el efecto de la edad no sólo se muestran a través de una variación del grosor, sino también en la variación de otros parámetros de la morfología de la fibra. Los atributos de fibra que definen la calidad textil son múltiples. En este trabajo se evalúa el diámetro medio de fibra (DM) como principal atributo que incluye el análisis del tipo de fibra (definido por su tipo de médula (TMED)). Además, este análisis se acompaña con la evaluación de la frecuencia de rizo (FR) y el grupo de rizo (GR) como atributos que también tienen una influencia importante sobre la estructura de vellón. Además, estos atributos son fundamentales en relación a la discusión relacionada a las fibras objetables.

### **1° HIPÓTESIS ESPECÍFICA:**

Desde el punto de vista de la calidad textil, el incremento de la edad del animal modifica la estructura de vellón desfavorablemente en relación al diámetro medio de fibra (DM) y a la frecuencia de fibra relativa (N%).

### **1° OBJETIVO ESPECÍFICO:**

Estudiar la estructura de vellón de una población de llamas productivamente controladas según grupos de fibra y según tipos de fibra tanto como las modificaciones que produce la edad y determinar información relacionada a la calidad textil.

La 1° hipótesis específica se refiere a una modificación de la estructura del vellón y, por lo tanto, a una modificación de calidad textil que incluye, más allá del diámetro medio total (DMT), a otras variables. Es fundamental completar la discusión acerca del DM con la frecuencia de fibra relativa (N%) de los diferentes grupos de fibra y los diferentes tipos de fibra, así como lo especifica la 1° hipótesis específica. DM y N% son denominaciones genéricas que incluyen a

diferentes variables, o sea el DM y la N% de diferentes grupos de fibra y de diferentes tipos de fibra.

## **2. Efecto del descordado sobre la estructura de fibra de llama**

Esta tesis apunta a determinar posibles mejoras en relación a la calidad textil de la fibra de llama y, eventualmente, formular recomendaciones para el sector de la producción de fibra tanto como para el comienzo del procesamiento textil. Por eso, no se limita a describir el efecto de la edad, sino que indaga en posibles soluciones para una mejora de la calidad textil. En relación a eso, se realizó un ensayo de descordado, ya que éste modifica la estructura de fibra de llama profundamente y se puede hipotetizar que su implementación rectifica el efecto desfavorable de la edad sobre la calidad del vellón.

El ensayo se realizó con una máquina descordadora industrial, con la cual anteriormente a esta tesis se hicieron ensayos, pero, hasta ahora, no se documentó ni analizó un ensayo de descordado como el que se realizó como parte de este trabajo de investigación. Al igual que en el primer subcapítulo, se evalúa el diámetro medio de fibra (DM) como principal atributo que incluye el análisis del tipo de fibra (definido por su tipo de médula (TMED)) y, además, este análisis se acompaña con la evaluación de la frecuencia de rizo (FR) y el grupo de rizo (GR) como atributos que también tienen una influencia importante sobre la estructura de fibra.

### **2° HIPÓTESIS ESPECÍFICA:**

Desde el punto de vista de la calidad textil, el procesamiento textil de descordado modifica la estructura de fibra favorablemente en relación al diámetro medio de fibra (DM), al peso relativo (P%) y a la frecuencia de fibra relativa (N%).

### **2° OBJETIVO ESPECÍFICO:**

Estudiar la estructura de fibra de llama durante el procesamiento textil de descordado según grupos de fibra y según tipos de fibra tanto como las modificaciones que produce este procesamiento y determinar información relacionada a la calidad textil.

La 2° hipótesis específica se refiere a una modificación de la estructura de un lote de fibra que tiene cierta estructura de fibra, o sea a una modificación de la calidad textil. Igual que en el primer subcapítulo, el análisis y la discusión acerca del DM se completa con la frecuencia de fibra relativa (N%) de los diferentes grupos de fibra y tipos de fibra. En el segundo subcapítulo, se analiza con especial profundidad el efecto del descordado sobre el grupo de las fibras más

gruesas, ya que estas están intrínsecamente relacionadas a las fibras objetables y, por lo tanto, a la calidad textil.

### **3. Efecto de la clasificación y del descordado sobre la calidad textil de la fibra**

En este subcapítulo se desarrolla la evaluación según tipos de vellón, lo cual forma parte del objetivo general. No se evalúa la edad del animal, sino que se analizan muestras que representan un conjunto de vellones equivalentes a un lote de materia prima textil comercial proveniente de un criador de llamas con control productivo.

Asimismo, el Subcapítulo 3 proporciona un marco de referencia para la calidad textil de la fibra de llama que es un tema central de esta tesis. La medida para dar una solución a la calidad textil que se propuso analizar en el Subcapítulo 2, es la implementación del descordado en una planta industrial, o sea ensayar el descordado en la práctica. Resultó ser conveniente, completar este análisis con una evaluación del potencial teórico del descordado como para establecer un marco de referencia. Además, el análisis del descordado fue acompañado por un análisis del potencial de la clasificación de vellones, ya que, clasificar y descordar son dos medidas que apuntan al mismo fin que es lograr una mejora de la calidad textil de la fibra de llama como materia prima a través de la homogeneización.

Ambas medidas, la clasificación y el descordado, se consideran y analizan debido a la problemática dada por la alta heterogeneidad de la fibra de llama tal como lo ofrece la producción primaria y la necesidad de determinar medidas capaces de homogeneizarla. Estas medidas pueden ser aplicadas para un lote de vellones antes de ser suministrados al sector industrial, o sea como parte de la esquila y acopio, o dentro del sector industrial, al comienzo de procesamiento textil.

En el Subcapítulo 3 se explora el potencial de tales medidas desde un plano teórico y conceptual, lo cual aporta mayor comprensión a la naturaleza de la estructura de la materia prima que ofrece de un lote de fibra tanto como posibilidades de modificarla favorablemente. El objetivo es explorar si la separación de diferentes tipos de vellón (clasificación) y/o de diferentes tipos de fibra contenidas en un vellón (descordado) ofrecen potencial para aumentar la homogeneidad y la calidad textil de la fibra. Además, se apunta a elaborar descripciones y gráficos relacionados a la estructura de vellón de llama que faciliten la identificación segura de los diferentes tipos de vellón.

El análisis se enfoca especialmente en verificar las características morfológicas del grupo de fibras finas que es correspondiente al producto textil que se obtiene a través del descordado, tanto como información respecto a las fibras objetables que están principalmente asociadas

al grupo de fibras gruesas de la jerga textil. Se evalúa el diámetro medio de fibra (DM) como principal atributo y, además, la frecuencia de rizo (FR) y el grupo de rizo (GR) como atributos que también tienen una influencia importante sobre la estructura de los diferentes tipos de vellón.

### **3° HIPÓTESIS ESPECÍFICA:**

La clasificación de vellones según finura y/o tipos de vellón tanto como el descordado ofrecen potencial para modificar la estructura de fibra y aumentar su calidad textil en relación al diámetro medio de fibra (DM).

### **3° OBJETIVO ESPECÍFICO:**

Evaluar la estructura de vellón de una población de llamas productivamente controladas según grupos de fibra y según tipos de vellón tanto como determinar si la clasificación de vellones según finura y/o tipos de vellón más el descordado ofrecen potencial para aumentar la calidad textil en relación al diámetro medio de fibra (DM).

## CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El Capítulo II incluye un marco de referencia y conocimiento que va más allá de lo estrictamente necesario en relación a las citas más importantes que fundamentan este trabajo de investigación. Tiene el fin de funcionar como descripción del “estado del arte” relacionado a los aspectos principales abarcados en esta tesis, por ejemplo, la estructura de vellón, el engrosamiento de la fibra, la calidad textil y el descordado. Debido al hecho de que este trabajo se sitúa en un punto bisagra de la cadena productiva, específicamente entre el sector agropecuario y la industria textil, y, por lo tanto, es de alta complejidad, esto pareció ser conveniente.

### ***Fibra de camélidos:***

Las fibras pertenecientes a los camélidos y a los caprinos reciben diferentes nombres: fibras especiales, fibras raras, fibras exóticas, fibras nobles o más comúnmente fibras lujosas (“luxury fibres”). En un exhaustivo análisis especulativo se llega a la conclusión que la lana Merino en general no reúne todos los atributos de fibra de lujo, pero sí tiene algunos atributos que podrían elevarla a esa categoría si el marketing se hiciera correctamente. Cualquier operación de marketing requiere un exhaustivo conocimiento de las características del producto que se pretende difundir y comercializar (McGregor, 2002).

Los atributos y caracteres que le confieren valor agregado a las fibras de lujo han sido resumidos por Watkins & Buxton (1992) como: suavidad, brillo, escasez o rareza, precio alto, carácter de misterioso, romántico, elegante y exclusivo, siendo suavidad y brillo o “lustrosidad” los únicos atributos que solo dependen de la fibra cruda en sí. Los demás atributos tienen carácter de cultural o socio-cultural y no están sujetas a posibles modificaciones en el proceso de producción que son las que nos ocupan en esta tesis.

Una investigación en Australia confirma que la diferencia en “mano” a favor de la alpaca es 12  $\mu\text{m}$  en relación a la lana, esto significa que una alpaca de 27  $\mu\text{m}$  es tan suave como una lana de 15  $\mu\text{m}$  (Wang et al., 2003). Sin embargo, la precisión de esta determinación es baja ya que el coeficiente de determinación, en lana ( $R^2=0,56$ ) y en alpaca ( $R^2=0,38$ ), indican que otros factores además del diámetro medio son importantes en explicar la fuerza de tracción de la fibra, siendo esta una medida indirecta de la suavidad al tacto.

Más recientemente se confirmó que la suavidad al tacto o “mano” coloca a una fibra de alpaca de 26  $\mu\text{m}$  a igual altura que una lana Merino convencional de 18  $\mu\text{m}$ . Esto se verificó a nivel de top: cuándo se hilaron y tejieron estas fibras, los panelistas no consiguieron distinguir la tela de alpaca de 26  $\mu\text{m}$  de una tela de lana de igual finura, estableciendo que la calidad del

hilo obtenido habría sido la causa de la “interferencia” en la suavidad de la tela de alpaca (Hillbrick, 2012).

### ***Distribución de diámetros:***

La indicación de la finura de las fibras animales es compleja dada la gran variabilidad de fibras presentes en un vellón. Para indicar la finura de lana se definen dos parámetros, el diámetro medio y el coeficiente de variación (CV). Analizando tops de lana de 20 a 24  $\mu\text{m}$  de diámetro medio se concluyó que la distribución de diámetro de fibra (DDF) se acerca mucho a una distribución normal y es conforme a una distribución normal logaritmizada (lognormal). Es decir que el borde grueso de la lana analizada se puede predecir adecuadamente utilizando una distribución gaussiana o mejor con una normal logaritmizada (lognormal) (Naylor et al., 1995).

La DDF es importante para la determinación de la calidad debido al efecto sobre la apariencia y el confort del producto, así como por el efecto sobre el desempeño de la fibra durante el procesamiento textil (Mayo et al., 1994). Según Gilmour & Atkins (1992) la DDF en la lana Merino se puede ajustar a una mezcla de distribuciones normales, por lo tanto, en los vellones mixtos (camélidos y caprinos) con mucho mayor variación en tipos de fibra (McGregor, 2007; Frank et al., 2007c; Frank et al., 2007a), la cola derecha del gráfico de distribución de frecuencias es mucho más pronunciada. Es esta cola la que refleja la frecuencia de fibra de las fibras de más de 30  $\mu\text{m}$  y que determina el así llamado “borde grueso” cuya relación con el efecto de picazón sobre la piel está claramente demostrado (Bow et al., 1992). Adicionalmente, el aspecto diferenciable que presentan algunas fibras con respecto a otras y la sensación a priori de que éstas son difíciles de teñir y que tienen un efecto sobre la suavidad al tacto (handle), sobre la rigidez y el efecto de picazón, han llevado a imprimir la denominación de “fibras objetables u observables” a las fibras con dicho aspecto en todos los tipos de fibra animal (Smuts & Hunter, 1987; Balasingam, 2005).

La DDF de un vellón de llama tampoco es de distribución normal, sino que es más alargada hacia los diámetros altos (sesgo positivo), además de ser distinta para los distintos tipos de vellón. A esto se suma que las fibras finas y gruesas pueden diferir en su morfología, es decir muestran otro tipo de ondulación, brillo y grado de medulación. Por lo tanto, la rigidez y el tacto que la fibra de llama tiene, utilizándola en textiles, difiere no solamente por un cambio en la finura, sino también por una diferente estructura morfológica de la fibra (Frank et al., 2007a; Ídem, 2011a; Ídem, 2014).

Si bien existe la posibilidad de reducir la distribución vía selección (Taylor & Atkins, 1997) y esta respuesta a la selección podría interferir con la reducción del diámetro medio (según este

trabajo en ovinos y evidencias anecdóticas en alpacas), también existe el descerdado o separación por vía mecánica de fibras de distinto tipo como otra alternativa a ser analizada (Batten, 2003; McGregor & Butler, 2008b). Al respecto, el desarrollo de la tecnología de descerdado por parte del programa SUPPRAD, una tecnología denominada AM2, plantea una serie interesante de interrogantes sobre la utilización de la primera o segunda alternativa, siendo necesario al menos establecer inicialmente las consecuencias físicas de dicho procesamiento sobre la estructura de los vellones mixtos tanto de camélidos domésticos, silvestres, cabras de Cachemira y ovinos criollos (Frank et al., 2017a). Esto plantea la disyuntiva si modificar la distribución en cantidad y calidad de las fibras desde el punto de vista genético y/o desde el punto de vista mecánico (descerdado), para lo cual el conocimiento que actualmente se posee sobre los cambios en la estructura por ambos medios es extremadamente limitado como para predecir las consecuencias de cada una de las acciones o de ambas a la vez.

Los equipos de análisis de fibra disponibles en el mercado son el microproyector (Lanámetro), Método Air Flow, OFDA (Optical Fibre Diameter Analyser), Wool View, Sirolan Laserscan y recientemente la tecnología provista por NIR (near infrared reflectance) (Gishen & Cozzolino, 2007). Estos aparatos fueron desarrollados para analizar lana ovina, pero también son utilizados para análisis de fibra de camélidos, lo cual da buen resultado para la medición del diámetro medio. Pero, para otras situaciones, sus aplicaciones no son tan claras. Por ejemplo, el OFDA tiene la posibilidad de medir el brillo u opacidad de lana blanca, la cual es amedulada por naturaleza. Al medir fibras finas con medulación continua, como las incluidas en el vellón de llama, se califican como contenido de kemp. Esto se debe a que las fibras meduladas muestran propiedades diferentes a las ameduladas, por ejemplo, refractan la luz de otra manera (Wood, 1998). Este tipo de medición es desorientador, porque la presencia del kemp es más grave, en relación a la calidad textil, que fibras con solo medulación continua o fragmentaria (Hunter et al., 1990). Se requiere, por lo tanto, más información para aplicar este instrumento satisfactoriamente. Equipos desarrollados recientemente en Perú por una empresa local y basados también en análisis de imagen (equipo FIBER EC), lograron sortear las dificultades de medida de los equipos anteriores y al ser de menor costo ofrecen una posibilidad excelente de evaluación de calidad de la fibra de llama (Quispe et al., 2017).

### ***Tipos de vellón:***

La fibra de los camélidos silvestres (guanacos y vicuñas), si bien no es homogénea, tiene mayor uniformidad que la fibra de llama, porque todos los animales tienen un solo tipo de vellón. Este es típico para el animal silvestre y se corresponde con el tipo Doble Capa en las llamas. En cambio, la fibra de llama puede provenir de cinco tipos de vellón diferentes. La mayor uniformidad de la fibra de camélidos silvestres tiene la ventaja de un procesamiento

textil más sencillo. En cambio, la fibra de llama como materia prima textil se caracteriza por una gran heterogeneidad en relación al tipo de fibra, lo cual resulta en un procesamiento textil más complejo. Esto se puede interpretar como desventaja, pero, por otro lado, el alto grado de variabilidad de la fibra de llama forma un gran potencial, porque fibras de distintas características pueden cubrir una gama mayor de utilidades distintas (Frank et al., 2007a; Adot & Frank, 2015).

La clasificación de los tipos de fibra en ovinos y camélidos, tanto como en animales que no son productores de fibra como mascotas o animales silvestres, llevó a diferentes clasificaciones según el contexto y el criterio aplicado. Una extensa revisión bibliográfica al respecto se describe en Frank (2001) y manifiesta que las clasificaciones existentes hasta ese momento no abordaban la alta variabilidad del vellón de llama. Frank (2001) realizó una nueva clasificación para llamas argentinas utilizando criterios objetivos que se fundamentan en características medibles de las fibras. Resulta, por lo tanto, la definición de cinco tipos de vellón denominados Doble Capa (DC), Capa Intermedia (CI), Simple Capa (SC), Hemi Lustre (HL) y Lustre (L), los cuales especifican diferentes estructuras de vellón (Frank, 2001; Frank et al., 2007a). A través de la observación macroscópica quedan diferenciados los cinco tipos de vellón utilizando solo cuatro características morfológicas de la fibra: largo, grosor, tipo de ondulación y grado de opacidad/lustre, sin necesidad de diferenciar otras propiedades de las fibras (Frank, 2001; Frank et al., 2007a). En un análisis estadístico más consistente se llega a resumir los tipos de vellón como Doble Capa, Simple Capa (incluyendo el anterior Capa Intermedia) y Lustre (incluyendo el anterior Hemi Lustre) (Frank et al., 2019a).

La determinación de los tipos de vellón muestra alta repetibilidad en diferentes ambientes y en sucesivas esquilas (Frank, 2001, Frank et al., 2007a). Pueden ser identificados de forma precisa y objetiva. Esto justifica su utilización para la clasificación de tipos de vellón en animales de todas las edades (Frank et al., 2008). Además, el tipo de vellón se puede observar en el animal en pie tanto como en el vellón después de haber hecho la esquila.

Si bien la clasificación de los tipos de vellón resulta clara, quedan detalles del vellón de llama sin estudiar que tienen relevancia en su calidad y por lo tanto son de interés textil. Los distintos tipos de vellón se verifican por la presencia de ciertos tipos de fibra más representativas, pero la importancia de la frecuencia de los distintos tipos de fibra queda aún abierta como criterio a estudiar (Frank, 2001). En un trabajo se concluye que, si bien los tipos de vellón son diferenciados por ciertos tipos de fibra representativas, la frecuencia de las mismas es considerada de poca importancia para definir a cada uno de ellos. En cambio, sí es importante cuáles grupos de fibra se encuentran en un vellón ya que estos son típicos para caracterizarlo. Por ejemplo, dos de los cinco grupos de fibras que constituyen el vellón DC tiene fibras cortas.



Estas fibras cortas se encuentran en dos grupos de fibra, según si éstas son finas o muy finas y según su tipo de ondulación y brillo, y solamente fueron identificadas en el vellón DC. En cambio, los otros tipos de vellón tienen fibras medianas y largas que resultan en distintos grupos de fibra según la combinación con ciertos tipos de ondulación y brillo (Frank et al., 2007a). Esto se demostró definitivamente utilizando 23 variables distintas medidas sobre un grupo de 960 fibras disecadas y estudiadas individualmente y mediante la estadística multivariada se demostró que los tipos de vellón son identificables sin lugar a dudas, pudiéndose reagrupar Capa Intermedia (CI) con Simple Capa (SC) y Hemi Lustre (HL) con Lustre (L), quedando así 3 tipos de vellón: Simple Capa, Doble Capa y Lustre (Frank et al., 2019a).

La fácil y correcta clasificación según tipos de vellón es fundamental en la práctica, tanto para la selección de reproductores como para la clasificación comercial en la industria textil (Frank et al., 2007a; Frank et al., 2019a), además de haber otros criterios de clasificación de mayor o menor importancia según el contexto de aplicación. Por ejemplo, como parte del proceso de esquila se puede clasificar según regiones corporales (Frank et al., 2007b), para la comercialización se puede clasificar según color y finura, etc., todo con fines prácticos como puede ser la definición del precio o la entrega al procesamiento textil de materia prima más homogénea (Adot & Frank, 2015).

#### ***Estructura de vellón y su modificación con el incremento de la edad:***

Una estructura heterogénea en relación a diámetro y medulación se describe para llamas bolivianas. Se determinó un diámetro medio de 31,6  $\mu\text{m}$  con un CV de 17% tanto como un diámetro de fibras gruesas de 40,8  $\mu\text{m}$  y de fibras finas de 25,5  $\mu\text{m}$ . El porcentaje de fibra medulada fue determinado en 43,1% (Martínez et al., 1997). No se describe de qué tipo de vellón fueron extraídas las muestras.

En un estudio sobre llamas argentinas también se encontró una gran heterogeneidad de fibras. Los datos encontrados difieren notablemente de los mencionados en el párrafo anterior, lo cual enfatiza la gran variabilidad de fibras presentes en vellones de llama. El diámetro medio determinado para llamas argentinas fue  $22,91 \pm 1,55 \mu\text{m}$  con un CV de  $26,39 \pm 4,34\%$  tanto como un diámetro de fibras de folículos primarios de  $35,5 \pm 4,27 \mu\text{m}$  y de folículos secundarios de  $19,92 \pm 3,82 \mu\text{m}$ . El porcentaje total de fibra medulada fue determinado en  $28,3 \pm 4,7\%$  y mostró un aumento con el incremento de la edad. Las muestras analizadas provienen de los cinco tipos de vellón (Frank et al., 2006a).

En varias fuentes bibliográficas se comenta el engrosamiento de la fibra de camélidos con el aumento de la edad y confirma el problema relacionado de una disminución de la calidad textil.

El aumento del diámetro medio con mayor edad fue determinado en alpacas australianas (McGregor & Butler, 2002) y alpacas neozelandesas (Wuliji et al., 2000). Diámetros más gruesos de animales de edad mayor fueron descriptas en llamas bolivianas (Iñiguez et al., 1997) y en guanacos argentinos se observó el incremento de la edad como factor importante para el engrosamiento de la fibra (Bacchi et al., 2010). En llamas bolivianas se encontró un aumento importante del diámetro medio y de la medulación con mayor edad (Martínez et al., 1997). Un aumento en diámetro medio de fibra durante los primeros 5 a 6 años de vida con una reducción posterior a esa edad fue documentado para llamas argentinas (Frank et al., 2006a).

Se describe el incremento de la edad como el factor externo de mayor influencia sobre el aumento del peso de vellón de llamas, siendo importante que al mismo tiempo el largo de fibra disminuye y el diámetro aumenta. Por lo tanto, el aumento de peso del vellón está debido fundamentalmente al aumento del grosor, lo cual tiene una influencia sumamente negativa sobre la calidad textil y el precio de venta (Frank, 2001). Esto fue confirmado en un análisis posterior de fibra de llama del altiplano jujeño (Frank et al., 2006a).

La relación de los diámetros de fibras primarias y secundarias (RDFPS) muestra diferencias significativas en los distintos tipos de vellón de llamas argentinas. Esto es un aspecto destacable ya que muestra que la apreciación visual de vellones de llama está vinculada a la RDFPS y que el mismo puede ser un indicador útil (Frank et al., 2006a). Esto da pie a utilizar un método de disección manual que defina grupos de fibras a través de la apreciación visual tal como se propuso en el trabajo a desarrollar en esta tesis (Frank et al., 2007a).

De lo descripto hasta ahora se puede concluir que todavía existen limitaciones de conocimiento sobre el cambio de la estructura del vellón de llama que se efectúa durante el crecimiento del animal y que tiene relevancia textil. Queda pendiente detectar cómo cambian las fibras finas y gruesas como grupos separados en relación a largo, diámetro medio, grado de medulación, etc. lo cual tiene importancia para estipular cuánto cambia el valor textil respectivamente. Este cambio diferencial estaría asentado sobre el hecho que los distintos tipos de fibra son producidos por distintos tipos de folículo, que al respecto se clasifican embriológicamente hablando en: primarios centrales, primarios laterales, secundarios epidérmicos u originales y secundarios derivados (Frank, 2001).

#### ***Engrosamiento de la fibra debido al incremento de la edad - “micron blowout”:***

Existe el término inglés “micron blowout”, traducido literalmente sería “estallido o escape de micrones” y se utiliza en relación a la lana. En el contexto de esta tesis se define como el aumento del diámetro de fibra que se observa a medida que el animal crece y se utiliza como

término genérico. Más allá de eso, el uso del término puede causar cierta confusión, porque depende del contexto en el que se implementa y porque no significa lo mismo para todos. Se puede referir a una oveja que a cierta edad tiene mayor micronaje que el promedio del rebaño al cual pertenece. Para un productor de lana comercial, que compró un carnero, puede significar que entre el momento de la compra del animal joven y cuando hace el análisis dos o tres años después, el micronaje aumentó. Y para el dueño de una cabaña puede significar una combinación complicada de las dos antes mencionadas. De todas maneras, se confirma una influencia de la edad sobre el diámetro de la lana, más marcadamente en carneros que en ovejas madre, que puede tener una diferencia de 2 a 4 micrones (Atkins, 1996).

Según otros autores, el incremento del diámetro de la fibra por el cambio de edad del animal, llamado "micron blowout", se determina cuando este cambio para un animal específico se produce más rápido que en el promedio del grupo donde se lo estudia, lo cual generalmente genera incertidumbre sobre la validez del diámetro medio medido a una edad juvenil (Olivier & Olivier, 2010). Este fenómeno ha sido descrito en todas las especies productoras de fibra, en lana Merino (Atkins, 1996), en mohair (Van Der Westhuysen et al., 1985; Martin et al., 1998) y en Cachemira (McGregor & Butler, 2008a). En alpacas chilenas se determinó una modificación significativa entre grupos de edades para DMT y densidad folicular total (DFT) con un aumento del DMT y una reducción del DFT, teniendo DMT y DFT una correlación negativa y significativa (Crossley et al., 2015). En camélidos, Butler & McGregor (2002) determinan una modificación del diámetro medio con la edad de  $7,5 \pm 7,5 \mu\text{m}$  en alpacas. Esto implica que la variación del engrosamiento entre animales es muy alta. Mientras que la fibra de algunos animales no sufre ningún engrosamiento, en otros, este es de hasta  $15 \mu\text{m}$ . El máximo engrosamiento se produce a los 7,5 años y la correlación entre diámetros de animales de 1,5 - 2 años de edad y de animales más viejos era mucho mayor que correlaciones con animales más jóvenes. En llamas argentinas, Frank et al. (2006a) determinan que es la edad el efecto externo que mayor modificación produce en el diámetro. Estudiaron el incremento del DM con el incremento de la edad y encontraron que el incremento del DM y el crecimiento del animal se desarrollan de manera equivalente. Esto posiblemente se pueda explicar con la reducción de la densidad folicular a medida que el animal crece. Un análisis similar realizaron, desde el punto de vista genético, Hill et al. (1999) en ovejas Merino.

La evaluación de los aspectos y criterios que sustentan la estructura del vellón en camélidos ha sido revisada en Frank (2001) y aplicada en Frank et al. (2007a). No obstante, los aspectos relacionados con los cambios de morfología a través de un proceso dinámico (edad) no ha sido aún establecido con claridad, por lo tanto, es necesario abordar temáticas desarrolladas en otros trabajos. Se ha demostrado que se puede manejar el diámetro medio con la alimentación en ovinos, pero con una restricción alimenticia que produjo una reducción de 0,6

$\mu\text{m}$ , también produjo un efecto de “terneza” o reducción de la resistencia de la fibra (Mata et al., 2002).

La heredabilidad del “micron blowout” en alpaca entre las edades 1 y 2 (grupo de edad uno a dos) resultó en un valor de  $0,13\pm 0,08$ ; entre las edades 2 y 3 de  $0,05\pm 0,07$  y entre las edades 3 y 4 de  $0,06\pm 0,11$ . En general, se estimaron altas correlaciones ambientales y fenotípicas entre el “micron blowout” y el diámetro de la fibra en todas las categorías de grupos de edad. Pero una alta correlación genética solo se estimó entre diámetro de la fibra a los dos años y “micron blowout” del grupo de edad uno a dos años de edad. Se estimaron correlaciones genéticas muy bajas entre el diámetro de la fibra y el “micron blowout” en los grupos de edad dos a tres y tres a cuatro (Munyard & Greeff, 2013). Estos resultados indicaron que sería difícil obtener una mejora genética rápidamente a través de la selección de animales a favor de un “micron blowout” reducido.

#### ***Grupo de fibras gruesas (objetables):***

El término “objetable” nace en relación al objetivo de producir textiles finos que no produzcan picazón sobre la piel. En cambio, si un lote de fibras es destinado a la producción de alfombras el término “objetable” no tiene sentido, porque son justamente esas fibras rígidas contenidas en el vellón de llama que tienen mucho valor textil para la producción de alfombras. Especialmente para la producción de moqueta, ya que las fibras gruesas y rígidas de llama son muy resilientes (Mcloughlin & Sabir, 2017).

Otro tema a evaluar en relación a vellones con un grado alto de fibras gruesas y que son destinados a la industria de alfombras es, si inclusive en este caso hay una posible razón para implementar el descerdado, porque el proceso de descerdado mejora la calidad textil y, por lo tanto, mejora el proceso textil posterior, ya que separa las partes afieltradas o enmarañadas del vellón tanto como el material vegetal (referencia anecdótica). Asimismo, se observó que fibra de alpaca descerdada es más limpia y suave, tiene más volumen y es más apropiada para ser utilizada como material de relleno para acolchados (Wang et al., 2008).

#### ***Disección Tripartita:***

La Disección Tripartita es central para la presente tesis y consiste en disecar una mecha según sus tipos de fibra, formando tres grupos. Las fibras que contienen estos grupos se distinguen claramente con el ojo humano. Este método de disección se desarrolló en el Laboratorio de Análisis de Fibra Textil Animal (LAFTA). Se aplica de acuerdo a lo establecido por Frank (2001) que observó y cuantificó las principales características morfológicas de fibras separadas encontradas en vellones de llama. La idea original de este planteo se basa en un

estudio de vellones de corderos en el que se ve que la estructura de vellones está dada según las fibras por las cuales estos están compuestos (Dry, 1975).

Además, este método de disección se desarrolló a partir de la imagen que se crea por las fibras que se colocan en un paño de acuerdo al procedimiento según el llamado Diagrama de Baer (Onions, 1962). Este método consiste en la separación de las fibras de una mecha de manera tal que queden paralelizadas y ubicadas una al lado de otra, ordenándolas de largo mayor a menor. Esta práctica es rápida y muy útil para obtener una idea general de los tipos de fibra que contiene una muestra de fibra ya que se despliega la distribución del largo de fibras presentes en una mecha. El Diagrama de Baer es un método comúnmente utilizado para evaluar el largo de fibra medio, denominado hauteur, en tops o mechas cardadas. Figura 1 muestra las fibras de una mecha colocadas en un paño de terciopelo de acuerdo al Diagrama de Baer.



Figura 1: Fibras de una mecha DC colocadas en un paño de terciopelo según un Diagrama de Baer (Onions, 1962)

El método de ordenar las fibras contenidas en una mecha según su largo también se utiliza en el peinado de mecha para algodón con el cual se revela el largo de fibra y su distribución, tal como es descrito en la norma DIN 53 806 (1970) alemana y la versión correspondiente de Gran Bretaña BS 4044 (1989).

Así como los métodos descritos en los párrafos anteriores, también la Disección Tripartita se basa en la idea de separar tipos de fibra según una variable específica como lo es el largo de fibra. Al implementar la Disección Tripartita, además, se tiene en cuenta el diámetro y el tipo de ondulación. De hecho, son estas dos últimas características de fibra las que se le da más importancia para determinar en cuál grupo pertenece cada fibra. Esta disección se implementa a través de la apreciación visual de las fibras únicamente, sin la utilización de un microscopio, o sea que se basa en características macroscópicas de la fibra. El tipo de ondulación es muy

visible y también diferencias respecto al diámetro de diferentes fibras se pueden detectar visualmente. Según estudios hechos por Lang (1947), el ojo humano es capaz de distinguir diferencias de finura entre fibras separadas de 2,5 micrómetros o más.

Al mirar el Diagrama de Baer de Figura 1 de cerca, se puede observar que, a la derecha, donde la mayoría de las fibras son finas, hay entremezcladas fibras gruesas. Por lo tanto, no es útil para revelar el valor textil de la mecha, porque no lo expone bien al no separar diferentes tipos de fibra más minuciosamente. La Disección Tripartita da un paso más hacia ese fin.

### ***Efecto de picazón:***

La expresión “suave” textilmente hablando se reconoce cómo suavidad al tacto o “mano” (“handle”) y reúne en sí mismo varios atributos: confort sobre la piel (picazón), rigidez, lisura, suavidad (De Boos et al., 2002; Frank et al., 2014). El término inglés “prickle” que se traduce con picazón o prurito se aplica solo para las prendas que se usan en contacto con la piel, directa o indirectamente, y cada vez resulta más importante. Diversos estudios han demostrado que la sensación de picazón proviene de las fibras gruesas de la cola derecha de la distribución del diámetro de la fibra, el así llamado “borde grueso” (Garnsworthy et al., 1988; Naylor, 1992b). La picazón se produce debido a las fibras que empujan contra la piel con tanta fuerza como para activar las células nerviosas (Kenins, 1992). Naylor (1992b) ha determinado que el porcentaje de fibras de más de 30  $\mu\text{m}$  es un buen predictor de la sensación de picazón en tejidos de punto y mucho más acentuado en tejidos planos. Este punto de corte de los 30  $\mu\text{m}$  puede ser discutido, no obstante, porque hay diversos factores que lo pueden alterar y se podría decir que fluctuaría entre los 26 – 35  $\mu\text{m}$ , para lo cual se requiere de mayores evidencias experimentales (Frank et al., 2017b).

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que no solamente el diámetro determina si una fibra produce picazón o no, sino que también su rigidez tiene una influencia crucial, lo cual es influenciado por el tipo de médula de la fibra (Frank et al., 2014). Históricamente, el énfasis respecto a la capacidad de una fibra para producir picazón se puso en el porcentaje de fibras de diámetro superior a 30  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, un trabajo más reciente concluye que fibras mucho más finas, hasta de una finura de sólo 20  $\mu\text{m}$ , son capaces de producir la sensación de picazón si el largo de la fibra que sobresale de la superficie de la tela es suficientemente corto. Y, se considera probable que ciertas características del hilado que influyen en la incidencia de fibras que producen picazón dentro de la tela, por ejemplo, la torsión, probablemente también afecten la propensión de textiles a producir picazón. También se observaron diferencias respecto a tejido plano y tejidos de punto (Naebe et al., 2015). Esto significa que con la finura de un lote de fibra no está todo dicho respecto a un posible efecto de picazón, sino que otros datos técnicos que se definen durante el procesamiento dentro de

la industria textil se deberán tener en cuenta, por ejemplo, si el tipo de hilado es peinado o cardado, cuál es la torsión del hilado, si se elabora un tejido plano o un tejido de puntos, etc. De acuerdo a este tipo de situaciones las fibras más gruesas y rígidas se ubican de diferentes maneras en la estructura del textil y su superficie y pueden tener diferente capacidad de producir picazón. Una investigación relacionada a hilados de lana superfina y mezclas de lana/Cachemira confirmó que los atributos de fibra que afectan significativamente a las propiedades de confort son DMT y la frecuencia de fibra medulada (Naebe & McGregor, 2013).

Naylor (1992b) estableció que el efecto de picazón está directamente correlacionado a la teoría de Euler del doblado o “pandeado” de una viga o alambre, según la cual la fuerza para pandear una estructura redonda es igual al módulo de Young multiplicado por el diámetro a la cuarta y dividido por el largo al cuadrado (Ramsay et al., 2012). Además, demuestra que eso no es solo cierto para la lana sino también para una fibra artificial, por lo tanto, es independiente de la fibra utilizada. Si esto fuera así se debe verificar qué pasa con la fibra de los camélidos donde por ejemplo se ha verificado que el módulo de rigidez (Young) es mayor que en la lana, por lo tanto, es de esperar que la carga o fuerza para lograr doblar la fibra debería ser mayor o el diámetro debería ser menor para lograr la misma rigidez (Liú et al., 2005).

Se ha calculado la magnitud del efecto de los distintos largos de fibra sobresalientes y del tipo de deformación de las fibras de camélidos para alcanzar los 75 mg de fuerza necesarios para provocar picazón según las ecuaciones  $E_{c1}$  (Naylor, 1992b) y  $E_{c2}$  (Ramsay et al., 2012). Estos datos se determinaron en base al largo de las fibras sobresalientes de 1-3 mm y la frecuencia con que se presentan en un tejido de punto de fibra de llama se extrajeron de Frank et al., (2012b) y las dos ecuaciones brindan el diámetro medio que debería tener una fibra aislada para alcanzar el nivel de carga de pandeo necesario para alcanzar los 75 mg fuerza: al sobresalir 1 mm:  $E_{c1}=18,9-20,3 \mu\text{m}$ ;  $E_{c2}=s/d$ ; al sobresalir 2 mm:  $E_{c1}=25,8-28,9 \mu\text{m}$ ;  $E_{c2}=31,9-34,4 \mu\text{m}$ ; al sobresalir 3 mm:  $E_{c1}=32,8-35,4 \mu\text{m}$ ;  $E_{c2}=43,1-46,6 \mu\text{m}$  y el promedio del largo que sobresale la fibra corregido por frecuencias da  $E_{c1}=28,3 \mu\text{m}$ ;  $E_{c2}= 29,97 \mu\text{m}$  (Frank et al., 2014). Este efecto en el hilo o en la tela está determinado más por la estructura de las puntas sobresalientes que por la estructura del hilo total, aunque en general el efecto de las puntas sobresalientes está determinado con alta exactitud por el diámetro medio y la dispersión del diámetro en el hilo total (De Boos et al., 2002). El diámetro de las fibras sobresalientes es 2 - 3  $\mu\text{m}$  mayor que el DMT del hilo (Naylor, 1992a; Frank et al., 2014).

Si el “borde grueso” de la distribución de diámetros es lo que causa el problema del efecto de picazón, se podría pensar en 2 posibles soluciones: afinamiento de la media del diámetro (corrimiento hacia la izquierda de la curva normal con el correspondiente corrimiento del

“borde grueso”) o disminuir el rango de la distribución de los diámetros de la fibra (correr a la izquierda solo el “borde grueso”, dejando la media igual) (Naylor et al., 1995). Esto se podría lograr tanto por descerdado cómo por selección genética, existiendo información anecdótica para la primera situación e información experimental para la segunda (Frank et al., 2008; Ídem, 2017b).

El confort del tejido, además de los atributos físicos de la fibra, está muy relacionado a sus propiedades físico-químicas y fundamentalmente a su capacidad de retener calor y agua. La primera propiedad puede ser buena a veces y otras no, pero la segunda es una de las propiedades más ventajosas (Holcombe, 1986). Es sabido hace mucho que la lana puede absorber hasta un 35% de su peso en agua sin escurrir y esto genera una hinchazón de la fibra y una pérdida de calor concomitante (Watt & D’Arcy, 1979). Esta absorción está muy relacionada a la concentración de agua en el aire (humedad relativa) y existe una cierta asimetría entre la curva de absorción y la de pérdida llamada histéresis (Burgman, 1965). Hasta ahora no se han realizado ensayos con fibras lujosas en relación a esta propiedad, aunque la captación de humedad es un tema muy importante para el descerdado (Batten, 2003; Adot, O., com. per).

En un experimento se comparó la sensación de picazón que producían textiles elaborados con dos distintos grupos de lana. Los textiles elaborados con el grupo de lana de diámetro medio mayor, 23,2  $\mu\text{m}$ , provocaba menos sensación de picazón que los textiles hechos con lana de 21,5  $\mu\text{m}$ . Esto se debía a que el CV de la lana más gruesa era menor, 16,4%, y el CV de la lana más fina mayor, 21,7%, produciendo así diferentes “bordes gruesos”, 3,6% y 5,0% respectivamente. Esta diferencia del contenido de fibras de diámetro mayor a 30  $\mu\text{m}$  de 1,4% pudo ser detectada por consumidores como diferencia en el nivel de picazón provocada por los textiles (Dolling et al., 1992).

Las variables de corte (“umbrales”) que los panelistas pueden detectar en relación a muestras de hilo y tela hechos con fibra descerdada que resultan significativamente con menos picazón que las sin descerdar fueron: diámetro total de fibra (1,01  $\mu\text{m}$  en el hilo y 1,55  $\mu\text{m}$  en superficie de tela); coeficiente de variación del diámetro solo resultó significativo en hilo (5,31%); porcentaje de fibras de >30  $\mu\text{m}$  (7,66% en hilo y en superficie de tela); fibras gruesas expresadas en peso/peso total de fibra (3,23% en hilo y 4,57% en superficie de tela) y diámetro medio de fibras gruesas (3,5  $\mu\text{m}$  en hilo y 3,2  $\mu\text{m}$  en superficie de tela). Estas diferencias umbrales fueron explicadas principalmente por las siguientes variables de la fibra identificadas por tipos de médula: diámetro de fibras con médula grande (8,2  $\mu\text{m}$  en hilo y 6,5  $\mu\text{m}$  en superficie de tela), diámetro de fibras ameduladas (0,67  $\mu\text{m}$  en superficie de la tela solamente)



y frecuencia de fibras con médula gruesa (1,6% en superficie de tela solamente) (Frank et al., 2014).

Un aspecto importante del vellón de llama es que esta fibra muestra una heterogeneidad más elevada ya que, a parte de una variación del grosor, también incluye la variación de otros parámetros de su estructura morfológica como por ejemplo la ondulación y la medulación. La rigidez de la fibra varía con estos parámetros y también influye en la capacidad de la fibra de causar picazón. Por eso, para la fibra de llama, es imprescindible definir las fibras objetables no solamente según su grosor (Frank et al. 2007a; Ídem, 2014).

### ***Descerdado o depurado:***

Tal como se explicó anteriormente, la curva de distribución de diámetro de fibra (DDF) tiene aproximadamente una distribución normal. Esta DDF está compuesta por la suma de las DDF de las fibras primarias por un lado y, por otro lado, de la DDF de las fibras secundarias. En su promedio las fibras de los folículos secundarios son más finas que las de los folículos primarios. Pero, dado a la cola a cada lado de la distribución normal, ambas DDF se superponen. Es decir que la cola derecha o “borde grueso” de las fibras secundarias se entremezcla con las fibras primarias más finas. O, dicho de otra manera, dentro de un vellón de llama se encuentran algunas fibras secundarias que son más gruesas que algunas fibras primarias. Y, de la misma manera, se puede decir que dentro de un vellón de llama se encuentran algunas fibras primarias que son más finas que algunas fibras secundarias. Esto es un fenómeno que se marca más o menos fuerte, según el tipo de vellón, porque la DDF es más ancha en algunos tipos de vellón que en otros (Frank, 2001). Por eso los distintos tipos de vellón reaccionan de diferente manera al descerdado, siendo los de tipo Doble Capa los de mejor descerdabilidad y los de tipo Lustre los que menos responden a este paso del procesamiento textil (Frank, 2001; Frank et al., 2010). Esto se puede explicar con la relación entre diámetro medio de las fibras primarias y de las secundarias: en un vellón Doble Capa, la diferencia del diámetro medio de las fibras primarias y del diámetro medio de las secundarias difiere mucho más que en un vellón Lustre (Frank et al., 2006a).

La implementación del descerdado o depurado al comienzo del procesamiento textil produce una modificación en la estructura que muestra la fibra como materia prima textil, ya que extrae las fibras más gruesas, largas y lacias, las denominadas objetables, lo cual tiene un efecto sobre el resto del procesamiento textil. El rendimiento al depurado en vellones Doble Capa es menor dado un alto contenido de fibras gruesas. Para vellones Doble Capa, el efecto de picazón fue reducido de manera fundamental, para vellones Simple Capa menos notablemente y para vellones Lustre no se detectó efecto alguno. Una implicancia importante de estas conclusiones es que la clasificación según tipos de vellón es un requisito fundamental

a realizar antes del procesamiento textil, ya que los diferentes tipos de vellón requieren ser tratados de forma diferente durante el depurado (Frank et al., 2011a). También el estudio etnozootécnico de poblaciones de llamas de la provincia de Jujuy, Argentina, confirmó la necesidad de realizar un proceso de clasificación a los fines de obtener lotes comerciales homogéneos (Hick et al., 2013).

Para comprobar la eficiencia del procesamiento de depurado se realizaron ensayos con vellones de guanaco, llama, alpaca y cabra de Cachemira y se concluyó que, para la determinar la reducción de fibras indeseables (objetables), la relación peso en peso es la más adecuada (Frank et al., 2009). A través de ensayos realizados con vellones Doble Capa de guanacos y llamas se confirmó que la tecnología del depurado está disponible para su uso con fibras de camélidos silvestres (guanaco) y domésticos (llama) (Hick et al., 2003).

El descordado o separación de fibras de distintos tipos por vía mecánica es la alternativa a ser analizada (Batten, 2003). El desarrollo de la tecnología del descordado (Programa SUPPRAD) plantea esta alternativa, estableciendo las consecuencias físicas de dicho procesamiento (Frank et al., 2012b). Trabajos de descordado a mano han demostrado su factibilidad (Cochi, 1999), aunque el proceso es solo eficiente con los tipos de vellón Doble Capa y Capa Intermedio, mientras que en Simple Capa y Lustre se logra una separación poco efectiva de fibras gruesas (Frank, 2001). Aun así, se demuestra que el rendimiento de fibra fina por persona y por hora es de  $9,9 \pm 1,1$  g/persona/h, lo cual lo hace totalmente inviable económicamente (Quispe et al., 2015).

Como resultado de un ensayo de descordado de fibra de alpaca hecho en Australia, se concluye que sólo puede ser eliminada una cantidad relativamente pequeña de fibras gruesas. Además, el descordado acorta considerablemente la longitud de la fibra de alpaca, por lo tanto, es poco probable que esta sea una práctica viable si el único objetivo es la reducción del diámetro de la fibra y solo sirva esto para reclasificar la fibra descordada como una línea más fina. El verdadero beneficio del descordado debe ser la mejora de la calidad de los productos finales de alpaca (Wang et al., 2008). Mientras, un ensayo de descordado de top de alpaca baby realizado con la tecnología argentina AM2 arrojó un alto rinde de producto (83,5%) con una reducción del largo promedio del 10% y poca diferencia en diámetro dado que la finura del top era baja (22,4  $\mu$ m). Se concluye que el producto obtenido es factible de ser procesado por el sistema peinado (worsted) sin inconvenientes, lo cual justifica el proceso (Frank et al., 2019b).

Las máquinas descordadoras tradicionales fueron diseñadas para descordar fibra de guanaco y vicuña, los cuales muestran un comportamiento diferente al ser descordados ya que las

fibras primarias y secundarias, respecto a su morfología, difieren mucho entre sí y, además, son fibras cortas. Estas máquinas dan resultados menos satisfactorios para fibra de llama (Adot & Frank, 2015), lo cual dio pie a diseñar una máquina descordadora nueva, denominada AM2 y ponerla en práctica para la industria textil.

La puesta a punto de un módulo inicial de descordado permitió lanzar los primeros productos comerciales en base a fibra de camélidos y de caprinos (Cachemira) (Frank et al., 2009). En un trabajo se evaluó la reducción de la frecuencia de fibras gruesas u objetables (FG), reducción del largo de la fibra, efecto de la reducción de fibras objetables sobre diámetro medio de fibras finas y sobre el diámetro medio total del producto obtenido (“down”) en fibra producida por cabras criollas regionales, llamas, alpacas y guanacos. Se obtuvo este rinde al descordado: 20-40% Cachemira, 50-70% guanaco y llama Doble Capa; 70-85% para alpaca y llama no Doble Capa. De las variables exploradas para analizar la FG se eligió peso/peso cuando el modelo incluía el diámetro medio total como covariable. Se ve una mayor reducción de la FG en Cachemira, siguiéndole guanaco, llama y alpaca ( $p < 0,05$ ). La reducción de la FG se relaciona en general con el diámetro medio total ( $R^2 = 0,42$ ). La relación peso/peso resulta la medida más adecuada para determinar la reducción de fibras indeseables y la reducción del largo de las fibras finas es explicado solo en parte por el proceso de reducción de frecuencias de fibras gruesas (Frank et al., 2009). Se puede establecer también que la relación entre diámetro y factor de picazón se comporta igual en alpaca y llama y la relación es potencial, con un punto de quiebre de 21,67-22,3  $\mu\text{m}$ , siendo constante el factor de picazón antes del punto de quiebre e incrementando significativamente luego de él. Casi toda la fibra (>96%) está por encima del umbral exigible para tejidos finos, mientras que solo el 3,5% y el 3,8% está por debajo para alpaca y llama respectivamente, o sea la mayor parte requiere de un descordado (Frank et al., 2012a).

Un ensayo de descordado utilizó top de alpaca de 22,4  $\mu\text{m}$  de finura promedio con un CV de 23,5%, fibra objetable peso/peso: 6,8%, fibra de >30  $\mu\text{m}$ : 6,6% y largo de fibra promedio (down + cerda: Diagrama de Baer): 111,8 mm. Se obtuvo un producto descordado/down (pasada VI): 21,9  $\mu\text{m}$  de finura promedio con un CV de 24,0%; fibra objetable peso/peso: 2,2%; fibra de >30  $\mu\text{m}$ : 3,6% y largo de fibra promedio (down: Diagrama de Baer): 83,0 mm (reducción: 6,9 – 21,2%), con un rinde de 83,5% y el producto es procesable por el sistema *worsted* (peinado) (Frank et al., 2018). Cuando la frecuencia de las fibras gruesas u objetables supera el 3% los consumidores identifican la picazón en el tejido. El descordado es una solución posible de aplicar para este problema, pero las fibras se acortan en las sucesivas pasadas. La calidad textil de la fibra de los Camélidos Sudamericanos se presenta como muy promisoriosa si se soluciona el problema de la presencia de fibras indeseables u objetables, llevándolas a una frecuencia tolerable por los consumidores (<3%). El problema fundamental que afecta la

eficiencia del descordado es la forma en que se presentan los vellones. Esto se puede estimar mediante ensayos de laboratorio con una máquina de descordado (alpaca y llama), que estima el porcentaje de fibra gruesa caída por pasada, el acortamiento por pasada y el rinde al descordado (Flores Gutiérrez, A., com. per.). Un problema para establecer la eficiencia del descordado surge en el laboratorio por la complejidad y la dependencia del operador de los métodos tradicionales utilizados sobre planchas de terciopelo.

En un estudio con consumidores, se puede concluir que el descordado reduce la picazón, fundamentalmente, en telas hechas de vellones Doble Capa, siendo menos notable con los vellones Simple Capa y con los Lustre no se detectó ningún efecto. Las muestras preferidas fueron las más suaves, con un "factor de picazón" más moderado. La clasificación por tipos de vellón es un prerrequisito fundamental para el procesamiento textil, debido a las diferentes necesidades de descordado de los diferentes tipos de vellón de fibra de llama argentina (Frank et al., 2009). Finalmente, la comercialización de la fibra podría mejorar y afianzar la rentabilidad de la cría de camélidos domésticos, a partir de este producto (Frank et al., 2019b).

### **CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**

Para proceder con los diferentes temas incluidos en esta investigación, era necesario utilizar diferentes materiales, o sea diferentes grupos de muestras. Por eso, resultó ser imprescindible dividir el trabajo en subcapítulos diferentes. Los materiales utilizados fueron vellones de llama enteros tanto como diferentes grupos de muestras de fibra de llama. Los vellones fueron utilizados para ser procesados en el ensayo de descordado industrial. Las muestras de fibra fueron tomadas de la fibra de llama que se encontraba dentro de ese procesamiento textil o a campo, del vellón del animal vivo. De acuerdo a esto, resultaron diferentes bases de datos. Así que, en cada subcapítulo, varía el material y las bases de datos utilizados, seleccionados específicamente para proceder con la investigación del tema correspondiente. Las muestras de fibra se analizaron en el Laboratorio de Fibra de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UCC.

#### **1. Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama**

Los materiales utilizados para estudiar el efecto de la edad se obtuvieron a través del seguimiento de una tropa de llamas experimental, realizando una toma anual de muestras de fibra. Los datos resultantes recibieron la denominación de “datos experimentales”. Además, se analizaron muestras que fueron ingresando al Laboratorio de Fibra durante los años anteriores al desarrollo de esta tesis y que provienen de la observación de diferentes tropas de llamas y sus respectivos análisis de rutina. Esta base de datos incluye a una gran cantidad de animales de diferentes edades y los datos resultantes recibieron la denominación de “datos observacionales”.

##### ***Datos experimentales:***

El muestreo anual de la tropa experimental se implementó durante 9 años, desde 2008 a 2016. Las muestras de fibra se tomaron de animales de hasta 11 años de edad que se muestrearon año tras año, poco antes de la esquila. Por lo tanto, el intervalo de esquila es de un año. La única excepción en relación a esto es de la primera muestra tomada de algunos animales, ya que éstos fueron comprados e incluidos a la tropa. En este caso, el intervalo de esquila puede ser diferente, porque no se pudo saber cuándo se hizo la esquila anterior.

El momento del muestreo era en diciembre de cada año y se obtuvieron muestras anuales de 20 animales, o sea 20 series de muestras. Estas series incluyen muestras de 5 a 9 años sucesivos, según el animal. Se eligieron animales de diferentes tipos de vellón como para obtener 4 series de cada tipo de vellón. En total fueron tomadas 150 muestras. Para la identificación individual de cada animal, se le colocó una caravana en una oreja con el número

de identificación y, para mayor seguridad por si pierde esta caravana, en la otra oreja fue colocado un botón con el mismo número. Las muestras de fibra se extrajeron del flanco del animal, a la altura de la última costilla, con una tijera de esquila mecánica. Se asume que la estructura genética de la población no se modificó durante los años del muestreo.

La Figura 2 muestra una serie de mechass tomadas anualmente del mismo animal preparadas para realizar la Disección Tripartita. La primera muestra fue tomada al año de edad, correspondiente a la primera esquila, y las siguientes muestras fueron tomadas anualmente.



Figura 2: Serie de muestras tomadas anualmente de un animal de vellón SC

Las muestras provienen del criadero de llamas del establecimiento rural Piedra del Agua, citado en las Sierras Centrales de la Provincia de San Luis, Argentina. Este criadero desarrolla un manejo que incluye la esquila anual y la aplicación de un plan sanitario regular, por lo cual el vellón no muestra signos de afieltramiento. En el establecimiento, se lleva un registro de identificación individual de llamas para la identificación de la clase de edad de cada animal. Los tekes (cría de la llama) nacidos en el establecimiento se registran cada verano y en el momento de la primera toma de muestra tienen cierta variedad en relación a la edad, entre 10 y 14 meses. Por lo tanto, el largo de mecha de la primera esquila varía más que en las sucesivas esquilas. Para los animales comprados, se utilizaron los datos de un registro del establecimiento vendedor. Las variables que surgen de la base de datos experimental son denominadas sin una letra en minúscula al final de su abreviación que indique de cuál base de datos proviene (por ejemplo, DMTv, DMTn, DMA, DM1 o P%1). En cambio, las variables de los animales observacionales son identificadas con una "o" al final.

**Datos observacionales:**

Esta base de datos incluye datos de 2164 animales provenientes de tres diferentes tropas observacionales de las Provincias de Buenos Aires y La Pampa, Argentina, de hasta 9 años de edad y de todos los tipos de vellón. En general, en esta base de datos no se cuenta con un seguimiento anual del mismo animal, excepto en algunos casos en los que se realizó una toma de muestra del mismo animal durante dos o tres años seguidos (repetibilidad media 2,9 años). Las muestras de fibra, se tomaron del flanco del animal en el área de la última costilla.

El intervalo de esquila de estas muestras es anual, excepto para las primeras tomas de muestra, para las cuales puede haber diferentes intervalos de esquila. La edad del animal se determinó utilizando una clave dentaria que permite diferenciar la edad con un error aproximado de 3 meses (Frank, E.N., inédito). Se define la categoría de edad de cada animal a través del boqueo mediante el cual se identifica el desarrollo de la dentadura, o sea según la presencia y cantidad de los distintos tipos de dientes y el desgaste dentario. En esta base de datos se incluyen 75 variables determinadas sobre fibra y piel respectivamente y forman parte de esta tesis y publicaciones diversas (Frank, 2001; Frank et al., 2011a; Ídem, 2011b).

De esta base de datos surgen variables utilizadas en la División 1.1 y 1.6 del Subcapítulo 1 y son identificadas con la letra "o" al final (Figuras 25 a 27: Variables PERIMo, DMTvo, DMAo, DMFo, DMIo, DMCo y DMGo). Además, esta base de datos es utilizada para el desarrollo del Subcapítulo 3, utilizando los datos de los animales de las categorías de edad 1 a 3 únicamente. Estas variables están identificadas con la letra "e" al final.

**Análisis estadístico y elaboración de los gráficos:**

Respecto al análisis estadístico de los datos referidos al diámetro medio (DM), se debe tener en cuenta que se trata de una variable no normal, ya que la normalidad y la homogeneidad de varianza de la distribución del DM no está dada. Los datos se procesaron con el software para análisis estadístico Infostat y se utilizó un Test de Kruskal Wallis (KW). El KW según rangos es un método no paramétrico para testear si muestras son originarias de la misma distribución. Se utiliza para comparar dos o más muestras independientes de tamaño igual o diferente. Un KW significativo indica que, por lo menos una muestra, domina estocásticamente a, por lo menos, una de las otras muestras (Siegel, 1988). El Test no identifica dónde es que ocurre la dominancia estocástica o para cuántos grupos de dos se obtiene la dominancia estocástica. El Test de Dunn ayuda a analizar a los grupos de dos muestras específicamente en test *post hoc* (Dunn, 1964).

La determinación del diámetro medio de fibra (DM) y el conteo de tipos de fibra se realizó a partir de una muestra y esta estimación puede ser más o menos precisa de acuerdo a la teoría estadística si se modifica la cantidad de fibras medidas por muestra. Esta cantidad ( $n$ ) se estableció de acuerdo a una amplitud requerida en términos de porcentaje respecto a la media del 5%, o sea que para una media de 20  $\mu\text{m}$  esa amplitud sería de 1  $\mu\text{m}$ . Se aplicó la fórmula usual de  $n = \frac{(2*1.96*DE)}{(0.05*DM)}$  donde DE es desvío estándar de la muestra y DM es diámetro medio de la fibra. Esta ecuación es aplicable aún para intervalos de confianza de variables aproximados para la media de una distribución de variable aleatoria no normal, siempre y cuando se cumplan los supuestos del teorema central del límite y para un  $n$  lo suficientemente grande (Casanoves et al., 1998).

Para la elaboración de los gráficos de puntos de los Subcapítulos 1 y 2 se utilizó Infostat. Para expresar la variación se utilizó el error estándar dado que la mayoría de las variables no tienen distribución normal. Se implementó el suavizado (LOWESS) para todas las variables (Kelmansky, 2010), con excepción del gráfico sobre el perímetro torácico, en el que se utilizó una regresión polinómica cuadrática (PERIMc y PERIMo en Figura 25). En ancho de banda del suavizado se ajustó al 50%. Los gráficos del Subcapítulo 3 fueron elaborados en planillas de Excel.

### ***Tipos de Vellón:***

Para la identificación de los tipos de vellón, se utilizó lo determinado en Frank (2001). Además, la diferenciación de los tipos de vellón se describe en Frank et al. (2007a) y es complementada en Brodtmann et al. (2018) y a través de un análisis estadístico multivariado (Frank et al., 2019a).

### ***Disección Tripartita:***

Como método central de esta tesis se utilizó la Disección Tripartita ya que fue utilizado para los 3 subcapítulos. Es así que una gran parte de las evaluaciones realizadas se llevaron a cabo según grupos de fibra (GF1, GF2 y GF3), los cuales se definen a través de la implementación de la Disección Tripartita. Su implementación se describe en los siguientes párrafos y fue publicada en Brodtmann et al. (2018). Se tomó en cuenta lo expresado para la teoría del descordado en Cachemira (Singh, 2003).

En el diagrama de flujo que muestra la Figura 3 se muestran los pasos a seguir para implementar este método de disección. Para la disección se separa una mecha de aproximadamente 0,2 g de la muestra de fibra y se mide su largo de manera tal que la mecha quede colocada de manera recta sobre un paño, pero sin estirla. Para pesar la mecha se utiliza una balanza con una precisión de 0,001 g. La disección se hace a mano y a través de



la apreciación visual. Las fibras se separan formando tres grupos de fibra (GF1, GF2 y GF3). El GF1 integra a las fibras más gruesas y visibles, el GF2 las fibras intermedias y el GF3 las más finas.

Es importante tener en cuenta que en este contexto “fino” y “grueso” son expresiones relativas, porque las fibras más finas de un vellón muy grueso no son finas. Esto significa que con la Disección Tripartita no se separan las fibras de acuerdo a diferentes diámetros con valores absolutos, sino que de acuerdo a diferentes diámetros de fibra relativos entre sí. Por eso, al comenzar con la disección, es importante y muy útil establecer el rango de tipos de fibra que están presentes en la muestra. Para esto, se separa una pequeña parte de una mecha de 30 a 50 fibras y sus fibras se colocan en un paño. A través de esto, el operador determina desde el inicio cómo son las fibras que son típicas para cada grupo de fibra y cuál es el rango de diámetros aproximado incluido en GF2 y cuál es la ondulación observada. De acuerdo a eso, fibras más gruesas de cierto tipo de ondulación pertenecen al GF1 y fibras más finas con otro tipo de ondulación específico pertenecen al GF3.

La denominación de los GF con “1”, “2” y “3” resulta por la práctica de la Disección Tripartita en la que se comienza por separar las fibras que más se destacan visualmente por su grosor, tipo de ondulación y, eventualmente, su largo. Por lo tanto, estas fibras se las denomina con la cifra “1”. Al final de la disección, después de haber removido las fibras gruesas e intermedias de la muestra, quedan las fibras más finas, en ese sentido el “tercer” grupo. Las cifras del “1” al “3” no implican ninguna jerarquía.

Se comienza con la disección de la mecha completa removiendo las fibras más visibles y gruesas. Éstas se extraen de la mecha y se colocan sobre un paño formando el GF1. Después, se separan fibras menos gruesas de la mecha formando el GF2 y se colocan en otro lugar del paño. Por último, se comienza a separar las fibras más finas correspondientes al GF3 y también se colocan en un lugar del paño. Este último paso solo se realiza hasta cierto punto debido a la gran cantidad de fibras finas. El resto (R) de las fibras finas quedan retenidas en un conjunto de fibras. Los tres grupos de fibra se pesan por separado al igual que R. A continuación, se junta R con las otras fibras finas que se habían colocadas sobre el paño y, todas juntas, forman el GF3. Se registra el peso absoluto de cada GF (P1, P2 y P3) y, luego, se calcula el peso relativo (P%1, P%2 y P%3).

Las fibras de GF1 y GF2 se cuentan una por una y se obtiene la frecuencia de fibra absoluta de esos dos GF (N1 y N2). Además, se cuentan las fibras del GF3 que habían sido colocadas en el paño y, luego, se calcula la cantidad de fibras contenidas en R por extrapolación de acuerdo al peso de R y de las fibras finas que fueron contadas. Por eso, es muy importante

de asegurar que las fibras de GF1 y GF2 fueron removidas por completo del conjunto de fibras finas. La frecuencia de fibra absoluta de GF3 (N3) se obtiene por sumar la de las fibras del GF3 y la de R. A continuación, se calculan las frecuencias relativas de fibra correspondientes a cada GF (N%1, N%2 y N%3).

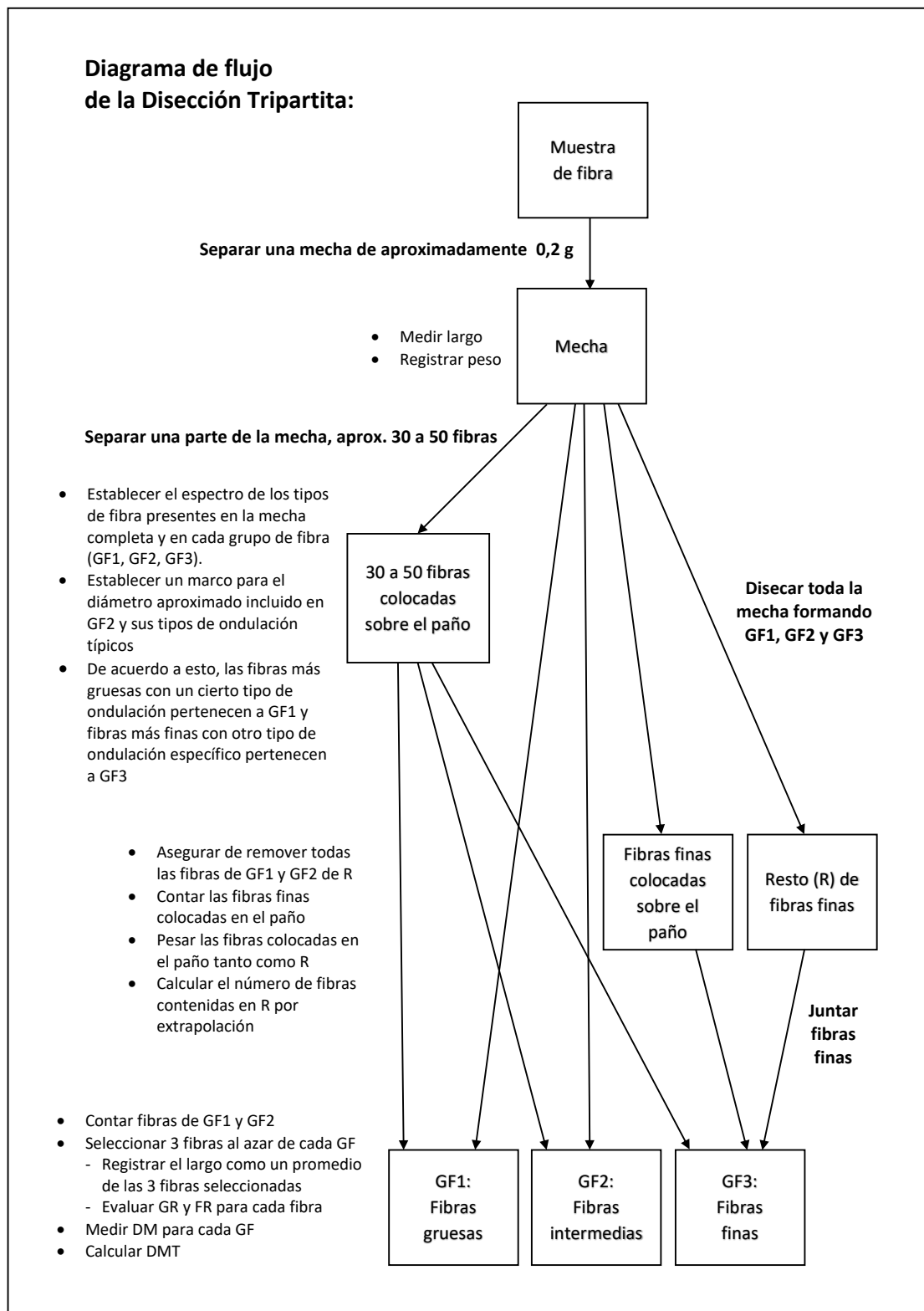


Figura 3: Diagrama de flujo de la Disección Tripartita

Luego, se seleccionan 3 fibras al azar de cada GF y se las analiza respecto a su frecuencia de rizo (FR), grupo de rizo (GR) y largo (L). Estas variables se describen en las divisiones 1.3., 1.4. y 1.5. La FR y el GR son registrados para cada fibra, mientras que el largo se registra como promedio de las 3 fibras seleccionadas. Posteriormente, se mide el DM para cada uno de los tres GF que se formaron.

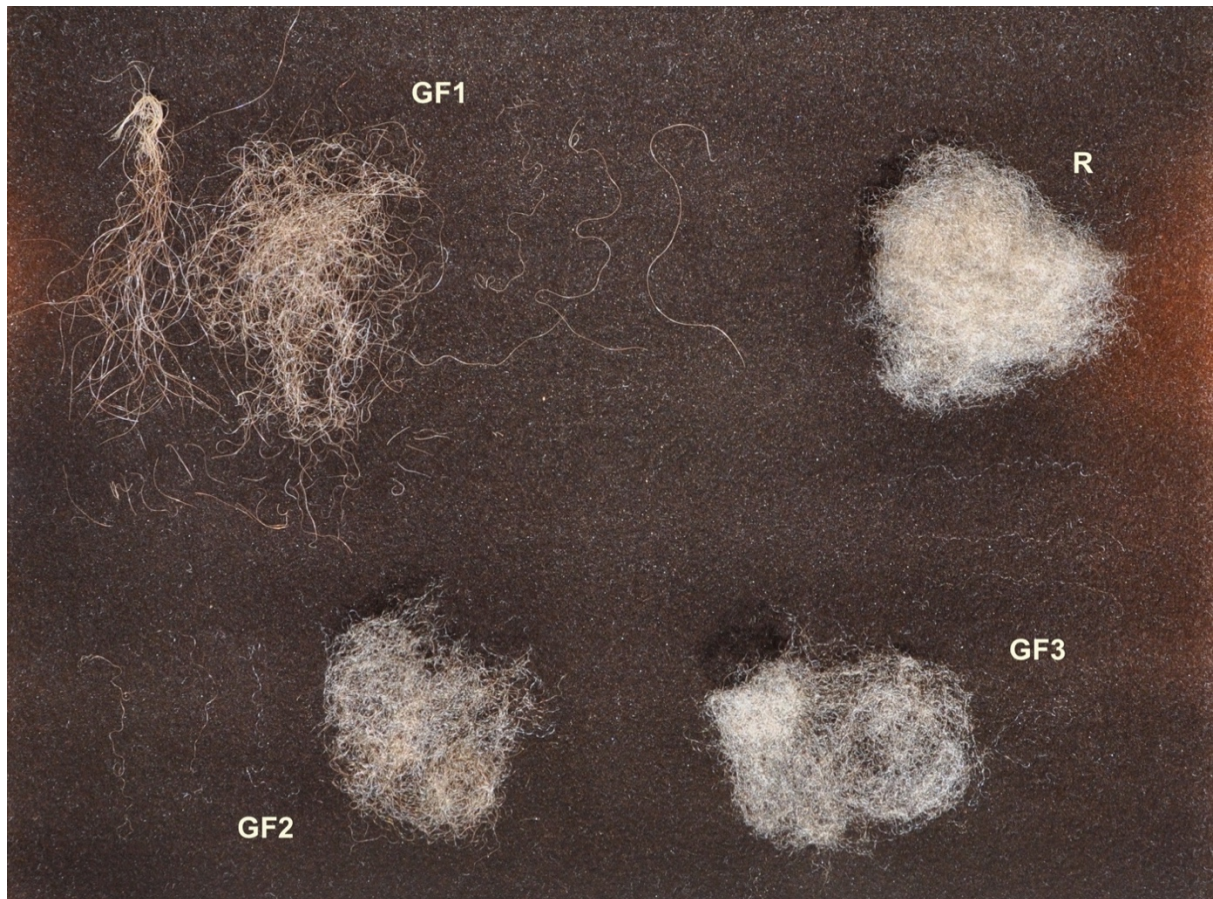


Figura 4: Fibras de una mecha DC expuestas en un paño de terciopelo luego de implementar la Disección Tripartita

En la Figura 4 se muestran las fibras expuestas en un paño después de haber sido disecadas según la Disección Tripartita con los tres GF resultantes y R. Al lado de cada GF se ven las 3 fibras elegidas al azar.

### 1.1. Diámetro medio total y diámetro medio según grupos de fibra (GF)

En la División 1.1. se describen las diferentes variantes utilizadas para expresar el diámetro medio total (DMT). Las variables de DMT que se midieron a partir de una mecha extraída de un vellón de los animales de las tropas observacionales y de los 20 animales de la tropa experimental reciben una “v” al final (DMT<sub>vo</sub> y DMT<sub>v</sub>) y los DMT ponderados por peso o frecuencia de fibra desde los tres GF resultantes de la Disección Tripartita reciben una “p” o “n” al final (DMT<sub>p</sub> y DMT<sub>n</sub>, 20 animales experimentales únicamente). Las variables DMT<sub>v</sub>, DMT<sub>n</sub> y DMT<sub>p</sub> tanto como otras variables que se refieren a estos 20 animales experimentales

no se complementan con una letra adicional para marcar el origen de la muestra, ya que estas constituyen la gran mayoría de las variables de este subcapítulo.

Para medir los diferentes diámetros medios de fibra (DM), ya sea para un vellón o para un GF se utilizó un método de microproyección, el mismo método para toda la presente investigación, con la única excepción del DMT medido para la tropa experimental completa (DMTvc). DMTvc se define de manera idéntica a DMTv con la diferencia que la base de datos incluye a la tropa experimental completa, por lo cual la variable recibe una “c” al final, mientras que DMTv describe únicamente la fibra de los 20 animales seleccionados para el seguimiento anual. O sea que, DMTvc no se midió año tras año, sino que la toma de muestra se realizó una sola vez, en diciembre 2018, y se midió con el MiniFiber EC.

El método de microproyección se basa en medir el diámetro de cierta cantidad de fibras y registrar la frecuencia de fibra (N) de cada tipo de fibra (definido por su tipo de médula). N resulta de las mismas fibras de las cuales se mide el diámetro, ya que en el mismo momento se lleva adelante el conteo de las fibras según su tipo de médula. Se trata de una versión levemente modificada de la IWTO (IWTO-8, 1961), un método de microproyección descrito en Frank et al. (1985) que toma en cuenta las sugerencias para alpacas (Lamb, 1998). Al aplicar este método, se registra el DM según tipos de fibra observado en el microscopio (Lanómetro), tanto como sus respectivas frecuencias de fibra absolutas (NA, NF, NI, NC y NG). Luego se calculan las frecuencias de fibra relativas (N%A, N%F, N%I, N%C y N%G), o sea el valor porcentual de la cantidad de fibras respecto al total de la mecha analizada. En este contexto, el tipo de fibra es sinónimo de tipo de médula, lo cual se expone más a fondo en la División 1.2. Las fibras que se miden en el Lanómetro son pedacitos de fibra de 2 o 3 mm de largo que se reparten sobre un portaobjeto de vidrio, se montan con glicerina y se colocan en el microproyector. Para obtener una mezcla representativa de la muestra de fibra se separa una mecha al azar, se la dobla y se cortan unas fibras. Este proceso de doblar y cortar se repite algunas veces para asegurar de obtener pedacitos de los diferentes tipos de fibra que están presentes en la muestra tanto como pedacitos extraídos de diferentes lugares a lo largo de una misma fibra. Esto último es importante por el hecho de que una misma fibra puede tener diferente diámetro dependiendo de qué parte de la fibra se trate.

El DMTv es ponderado a través de las variables medidas con el método de microproyección, las cuales son los DM medidos para fibras de diferente tipo de médula (DMAv, DMFv, DMIv, DMCv y DMGv) y sus respectivas frecuencias absolutas (NAv, NFv, NIv, NCv y NGv) o frecuencias relativas (N%Av, N%Fv, N%Iv, N% Cv y N%Gv). En la siguiente fórmula, ambas frecuencias de fibra, absoluta o relativa, pueden ser utilizadas indistintamente, igual que en las otras fórmulas utilizadas para calcular un DM.

Fórmula 1:

$$DMTv = \frac{(DMAv \cdot N\%Av) + (DMFv \cdot N\%Fv) + (DMIv \cdot N\%Iv) + (DMCv \cdot N\%Cv) + (DMGv \cdot N\%Gv)}{N\%Av + N\%Fv + N\%Iv + N\%Cv + N\%Gv}$$

La construcción de la variable DMTvo es idéntica a DMTv, sólo que los datos utilizados para calcularla provienen de los datos observacionales, por lo cual el nombre de la variable se complementa con una “o” al final. Figura 5 muestra a partir de cuáles variables se construye cada DM. La medición de DMAvo, DMFvo, DMIvo, DMCvo y DMGvo es idéntica a las variables DMAv, DMFv, DMIv, DMCv y DMGv mencionada en el párrafo anterior.

De la misma muestra de fibra de la que se separó una mecha para medir DMTv se separó otra mecha más para la cual surge la medición de las otras dos variantes del DMT a la vez, DMTp para la variable ponderada por P% y DMTn para la variable ponderada por N%, por lo cual estas variables reciben las letras “p” o “n”. Mientras que el DMTv se mide directamente para la mecha extraída de un vellón, o sea desde la mecha completa, DMTp y DMTn no fueron medidos para la mecha en su estado original completo, tal como fue extraído del vellón, sino que se calculan a partir de los GF formados después de la implementación de la Disección Tripartita. En el caso de DMTp y DMTn, primero se mide el DM de cada GF (DM1, DM2 y DM3) y se registran P% tanto como N% de cada GF (P%1, P%2 y P%3; N%1, N%2 y N%3). A continuación, se ponderan DMTp y DMTn a través de las fórmulas 2 y 3.

Fórmula 2:

$$DMTp = \frac{(DM1 \cdot P\%1) + (DM2 \cdot P\%2) + (DM3 \cdot P\%3)}{P\%1 + P\%2 + P\%3}$$

Fórmula 3:

$$DMTn = \frac{(DM1 \cdot N\%1) + (DM2 \cdot N\%2) + (DM3 \cdot N\%3)}{N\%1 + N\%2 + N\%3}$$

El diámetro medio del GF1 (DM1) y su desvío estándar (DE1) resultan del método de microproyección, durante el cual fueron medidos los DM de cada tipo de fibra. Por ejemplo, el DM de las fibras ameduladas del GF1 recibe la denominación de DMA1. Para calcular el DM del GF entero, luego, se utilizan los DM medidos para cada tipo de fibra y sus respectivas N% según la siguiente formula.

Fórmula 4:

$$DM1 = \frac{(DMA1 \cdot N\%A1) + (DMF1 \cdot N\%F1) + (DMI1 \cdot N\%I1) + (DMC1 \cdot N\%C1) + (DMG1 \cdot N\%G1)}{N\%A1 + N\%F1 + N\%I1 + N\%C1 + N\%G1}$$

Para los DM de GF2 y GF3 (DM2 y DM3) y sus respectivos desvíos estándar (DE2 y DE3), las denominaciones de las variables son análogas a GF1, reemplazando la cifra “1” por “2” y “3” respectivamente. Respecto a las variables PERIMc y PERIMo, ver División 1.6.

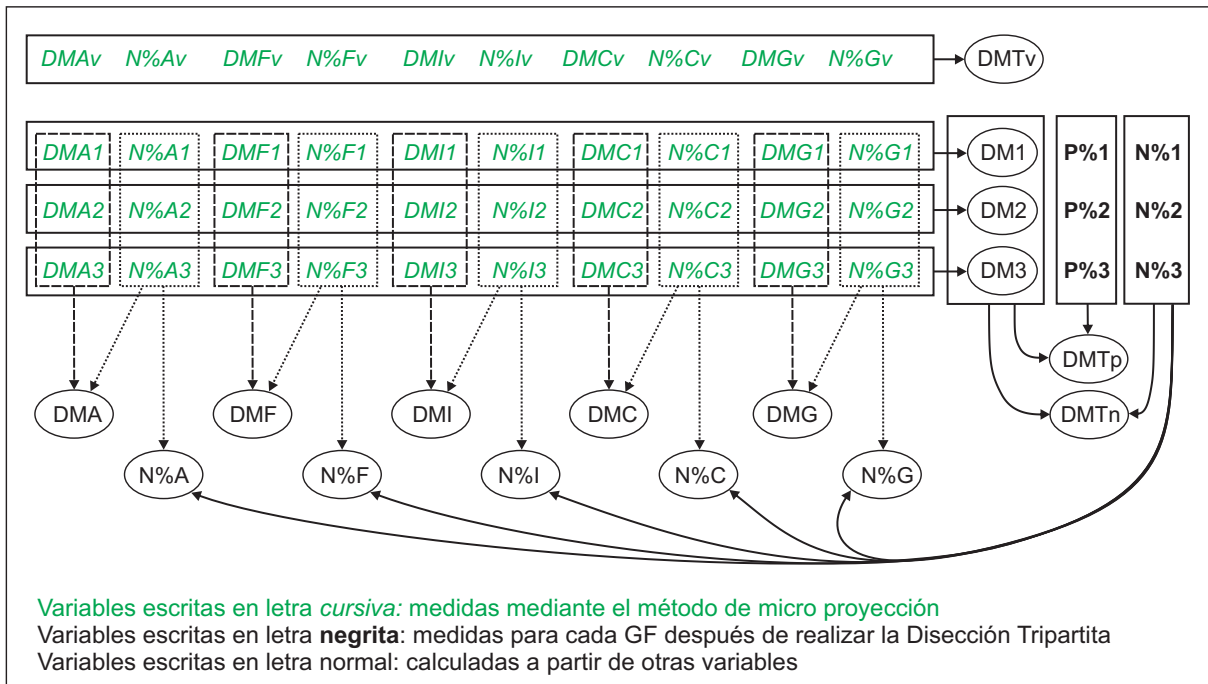


Figura 5: Variables utilizadas para construir los diferentes DM (Para la aclaración de las abreviaturas de las variables ver puntos A1), B), C) y D) del Listado 1 de las abreviaciones)

## 1.2. Diámetro medio según tipo de fibra

Los tipos de fibra se definen a través de su médula, los cuales se diferencian con fibras ameduladas (A) tanto como fibras de médula fragmentada (F), interrumpida (I), continua (C) o grande (G) (Frank, 2001). En la observación microscópica, el tipo de fibra está determinado en principio por el tipo de médula, cómo principal característica morfológica (Frank, 2001; Frank et al., 2007a).

El diámetro medio medido para las fibras de diferentes tipos de médula para el GF1 (DMA1, DMF1, DMI1, DMC1 y DMG1) tanto como sus respectivas frecuencias de fibra relativas (N%*A*1, N%*F*1, N%*I*1, N%*C*1 y N%*G*1) surgen del método de microproyección. Para los GF2 y GF3 las denominaciones de las variables son análogas a GF1, reemplazando la cifra “1” por “2” y “3” respectivamente.

El diámetro medio de las fibras ameduladas (DMA) es ponderado a partir del DM de las fibras ameduladas de cada GF (DMA1, DMA2 y DMA3) y las frecuencias de fibra relativas de las fibras ameduladas de cada GF (N%A1, N%A2 y N%A3), tal como lo muestran la Figura 5 y la Fórmula 5. Para los DM de las fibras de los otros tipos de fibra (DMF, DMI, DMC y DMG), las denominaciones de las variables son análogas a las fibras ameduladas, reemplazando la letra “A” por “F”, “I”, “C” y “G” respectivamente.

Fórmula 5:

$$DMA = \frac{(DMA1 \cdot N\%A1) + (DMA2 \cdot N\%A2) + (DMA3 \cdot N\%A3)}{N\%A1 + N\%A2 + N\%A3}$$

La frecuencia de fibra relativa de las fibras ameduladas (N%A) se calcula ponderando los N%A de los tres GF (N%A1, N%A2 y N%A3) según las frecuencias de fibra relativas de las fibras de cada GF (N%1, N%2 y N%3), tal como lo muestran la Figura 5 y la Fórmula 6. Para las N% de las fibras de los otros tipos de médula (N%F, N%I, N%C y N%G), las denominaciones de las variables son análogas a las fibras ameduladas, reemplazando la letra “A” por “F”, “I”, “C” y “G” respectivamente.

Fórmula 6:

$$N\%A = \frac{(N\%A1 \cdot N\%1) + (N\%A2 \cdot N\%2) + (N\%A3 \cdot N\%3)}{N\%1 + N\%2 + N\%3}$$

### 1.3. Frecuencia de rizo

La frecuencia de rizo (FR) se define con la cantidad de “valles” o “cimas” que muestra la ondulación de la fibra dentro del largo de un centímetro, o sea lo correspondiente al período de una ondulación senoide. El tramo medido dentro del largo de la fibra es elegido al azar. En el caso de las fibras del grupo de rizo 4 (GR4), que son casi lacias, se registra un valor de 0,5 ondulaciones/cm como expresión genérica para fibras con media ondulación por centímetro o menos tanto como para fibras que incluyen a una curva marcada en algún punto de su largo, pero que, en el resto, son prácticamente lacias.

### 1.4. Grupos de rizo

El tipo de ondulación se determina comparando a cada fibra en particular con el Diagrama de Grupos de Rizo para Fibra de Llama (modificado desde Frank, 2001; Brodtmann et al., 2018) de Figura 6. En lo expuesto en Frank (2001) se distinguen a 23 diferentes tipos de ondulación, mientras que para la Disección Tripartita esto se simplifica asignando estos tipos de ondulación a siete diferentes grupos de rizo (GR1 a GR7). Las fibras dentro de uno de estos grupos muestran un patrón parecido en relación a su ondulación. Para formar a los grupos de rizo no se toman en cuenta a los folículos. Esta modificación se realiza teniendo en cuenta lo definido por McGregor (2007) para la ondulación de fibra de Cachemira. Aquí, se establecieron grupos de rizo según patrones típicos del rizo de diferentes fibras.

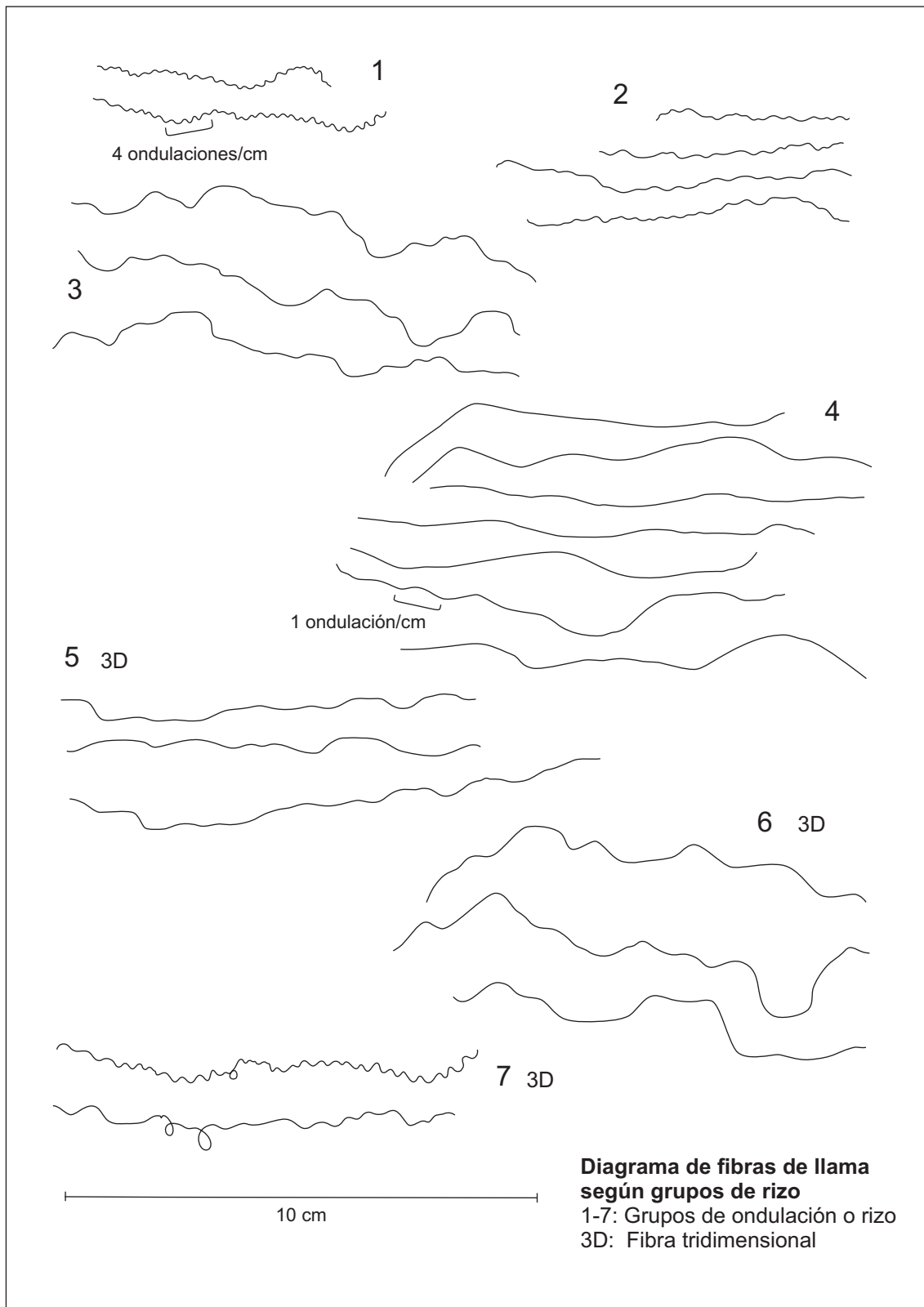


Figura 6: Diagrama de Grupos de Rizo (GR) para Fibra de Llama (modificado desde Frank, 2001; Brodtmann et al., 2018)

En el Diagrama de Grupos de Rizo para Fibra de Llama, las fibras están dibujadas en tamaño uno a uno. Un patrón típico de una fibra de llama puede ser un rizo corto y regular tanto como una ondulación larga e irregular. También puede incluir a fibras enroscadas que muestran una forma tridimensional (3D). Las fibras del GR1 siempre son muy finas, las del GR2 y GR3



umentan respecto al diámetro. Las fibras de GR4, en general, son gruesas o muy gruesas, con la excepción de fibras de los vellones L y HL que pueden tener fibras finas del GR4. Las fibras de GR5, GR6 y GR7 pueden tener diferente diámetro. Las fibras que forman un bucle marcado en un punto de su largo están incluidas en el GR7.

### **1.5. Largo de fibra**

El largo de fibra (L) se mide colocando la fibra a lo largo de una línea recta, dejando que la fibra quede apoyada en su forma natural, sin estirla. Solo, si la forma de la fibra incluye una vuelta de 180 grados, lo cual, a veces, es así para las fibras del GR4, la fibra se abre un poco sin estirla del todo.

### **1.6. Concordancia de las bases de datos experimental y observacional**

Para evaluar la posible concordancia entre la base de datos experimental y la base de datos observacional, se realizó una evaluación de los resultados de ambas. Las variables evaluadas son algunas de las descritas en las divisiones anteriores, con el agregado del perímetro torácico (PERIM) descrito en (Frank et al., 2011b).

- PERIMc – datos experimentales, tropa completa
- PERIMo – datos observacionales
- DMTv: ver División 1.1
- DMTvo: ver División 1.1
- DMA, DMF, DMI, DMC y DMG: ver División 1.2
- DMAvo, DMFvo, DMIvo, DMCvo y DMGvo: ver División 1.1

Lo que para los datos experimentales es la clase de edad en años, para los datos observacionales es la categoría de edad. Ambas variables pueden ser tomadas como equivalentes. Se diferencia solamente el modo de definir la edad del animal que se basa en un registro de nacimientos por un lado y sobre el boqueo y la revisión dentaria por el otro (ver División 1.1).

El perímetro torácico de la tropa experimental del criadero Piedra del Agua (PERIMc) no fue medido año tras año, sino que fue medido en una sola ocasión, en enero 2019. Y no se midió solamente para los 20 animales seguidos anualmente, sino para la tropa completa del establecimiento, por lo cual a esta variable se le agrega una “c” al final.

## **2. Efecto del descordado sobre la estructura de fibra de llama**

Los materiales utilizados para los ensayos de descordado industrial eran 16 vellones de llama obtenidos por la esquila de animales de cría provenientes de un establecimiento de Tres

Arroyos, Provincia de Buenos Aires. De los 16 vellones 2 eran del tipo de vellón DC, 6 de CI, 6 de SC y 2 de L. La disponibilidad de vellones estaba limitada a lo que podía proveer el establecimiento, por lo cual se pudo incluir solo un vellón de tipo L y también se utilizó un vellón del tipo HL para representar a los vellones de tipo lustre, lo cual está respaldado por la similitud de HL y L descrita en Frank et al. (2019a). De cada tipo de vellón, la mitad era de un intervalo de esquila anual y la otra mitad bianual. Algunos de los vellones tuvieron partes afieltradas, las cuales fueron descartadas y no se utilizaron para el ensayo.

En este subcapítulo, las muestras tomadas y analizadas son de fibra que se encuentra dentro del procesamiento de descordado, con el fin de verificar el efecto del descordado sobre la estructura de fibra de llama. Se tomaron muestras de fibra después de cada paso del procesamiento textil, o sea que se muestreó el producto saliente del Lobo Carda, del producto de descordado después de cada pasada por la AM2 tanto como del subproducto.

Para el muestreo se utilizó el método de la grilla sobre la fibra extendida, obteniendo una mecha de diferentes sitios hasta completar la muestra, en total 30 g. La grilla consiste en un material plástico de construcción y tiene forma de red con agujeros aproximadamente de 3 cm por 7 cm de tamaño. Tiene la función de ayudar durante la toma de la muestra para tomarla de manera equilibrada de diferentes partes de la fibra completa.

El aspecto que es fundamental determinar es cómo se modifica el producto de descordado después de cada pasada y con cuántas pasadas se logra un producto de la calidad deseada. A la vez, se necesita verificar cuántas pasadas son indicadas para lograr una eliminación satisfactoria de las fibras objetables (Frank et al., 2009; Ídem, 2018).

El método utilizado para el ensayo de descordado se implementó en el marco de la industria existente en la Argentina y se realizó con una máquina descordadora industrial. El procesamiento de los vellones se realizó en la planta de descordado del empresario textil Lic. Diego G. Seghetti Frondizi. Esta planta forma parte del SUPPRAD y cuenta con máquinas para descordado industrial de fibra animal de la tecnología denominada AM2 (Seghetti Frondizi, 2014).

Cada vellón fue procesado por separado. Durante el ensayo, la fibra fue procesada sin ser lavada previamente y fue acondicionada de la misma forma comúnmente implementada a diario en la planta. Primero, se realiza una pasada por el Lobo Carda que es un proceso implementado al comienzo de la cadena textil y que tiene la función de abrir las partes apelmazadas y afieltradas de un vellón. Por lo tanto, el Lobo Carda también se la denomina “abridora”. Las partes de un vellón que estaban tan apelmazadas que no pudieron ser

separadas entre sí a través de la pasada por el Lobo Carda se apartaron y no fueron descordadas. Luego, la fibra fue humidificada al menos durante 24 horas antes de ser procesada en la AM2. Durante el descordado se le aplicaba un antiestático a la fibra y se mantenía cierta humedad en el aire para mejorar el proceso de descordado.

La pasada denominada con “0” (cero) corresponde a la pasada por el Lobo Carda, o sea al vellón antes de ser descordado. Para lograr un descordado completo se realizan varias pasadas por la máquina descordadora. La primera pasada se nombra con el número “1” y las sucesivas pasadas con “2”, “3” y, así, sucesivamente. El ensayo consiste en el descordado mediante 10 pasadas en total, en las cuales el producto de cada pasada es la materia prima para la siguiente pasada. En cambio, el subproducto de las sucesivas pasadas no se siguió procesando, así como lo muestra la Figura 7.

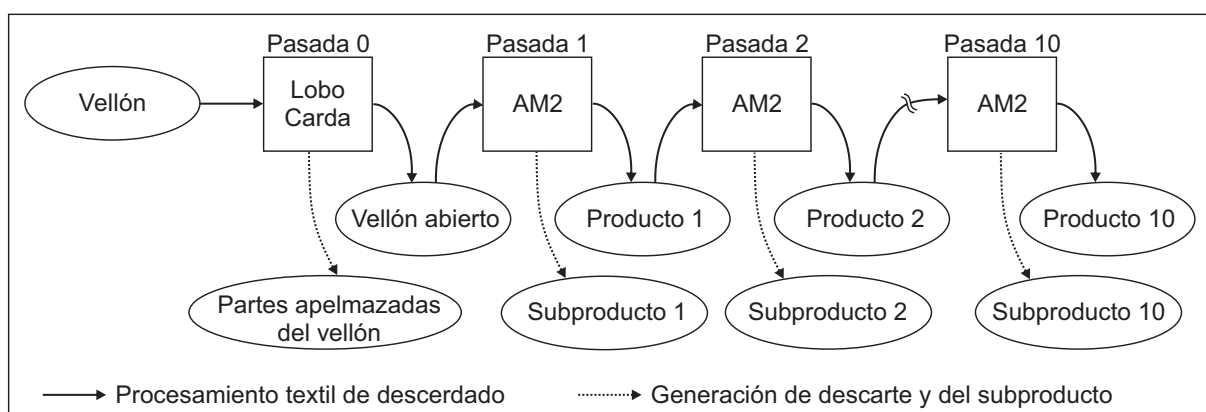


Figura 7: Diagrama de flujo del ensayo de descordado

De una pasada a la próxima se esperó por lo menos 24 horas, dejando reposar la fibra en el cuarto de humidificación. Antes y después de cada pasada se pesó el producto y el subproducto. Este último incluye el material vegetal, polvo de tierra, etc. que es extraído del producto a través del descordado. También se pesó el así llamado “barrido” de máquina, incluyendo a los restos de fibra remanentes en la tubería a través de las cuales la fibra es conducida a la AM2. Después de cada pasada se removió la totalidad de estas tres fracciones, producto, subproducto y barrido, de la máquina para asegurar que las fibras de los diferentes vellones no se mezclen. Cada muestra y fracción se guardó en una bolsa de nylon, identificando el número de vellón y de la pasada.

La característica utilizada para definir el rinde es el peso del producto de descordado en relación al peso del vellón completo (Frank et al., 2009).

Las variables del Subcapítulo 2 son idénticas a las del Subcapítulo 1, o sea que todo lo descrito en el primer subcapítulo en relación a las variables, la Disección Tripartita y el análisis estadístico, también aplica para el segundo subcapítulo. A la denominación abreviada

de las variables utilizadas se le agregó una letra “d” al final por “descerdado” para el producto o una “s” por “subproducto”. A las variables correspondientes a la pasada “0” también se les agrega una “d” aunque no representen datos de un producto descerdado, sino que todavía se trata del vellón completo. Esto sigue la lógica que el vellón, después de ser abierto en el Lobo Carda, es la materia prima para el posterior procesamiento en la AM2, al igual que el producto de cada pasada por la AM2 que es la materia prima para la próxima pasada. Por eso, también en los gráficos, el dato de la pasada “0” siempre es integrado a la curva suavizada del producto que es identificado con la “d”.

## 2.1. Diámetro medio total y diámetro medio según grupos de fibra (GF)

Ver División 1.1.

Para la evaluación del descerdado (Tabla 3), por la reducción del porcentaje de fibras objetables (P%1, P%2, P%3 o N%1, N%2, N%3) por pasada se ajustó a un modelo de regresión polinomial cuadrática de acuerdo a lo utilizado en Frank et al. (2018). Además, con este modelo cuadrático de regresión se obtiene el número de pasadas (1 a 10) para el cual la variable (P% y N%) tiene su valor mínimo (para GF2 y GF3) o máximo (para GF3). Esto se realizó mediante el cálculo de la derivada primera de la función cuadrática e igualando a cero esta derivada:

$$Y = a + b_1X + b_2X^2$$

(Y = P%1, P%2, P%3 o N%1, N%2, N%3; X = Número de pasadas por la AM2)

La derivada primera se calculó como:

$$\frac{dY}{dX} = \lim_{\Delta X \rightarrow 0} (b_1 + 2b_2X + b_2\Delta X) = b_1 + 2b_2X$$

si  $b_1 + 2b_2X = 0$

$$\text{luego : } X = \frac{-b_1}{2b_2}$$

Se calcula el valor de la variable Y (P%) para la pasada dada que tendrá el valor mínimo/máximo de P%. Y con la función de regresión que corresponda a esa pasada se calcula el valor mínimo de P% obtenible (Stewart, 2012). La derivación de esta función es recomendada para el caso de dosis o de series de tiempo (Di Rienzo., 2015) y había sido utilizada para determinar el número de pasadas en el descerdado de fibra de Cachemira (Frank et al., 2018).

Como, para el GF1 y GF2,  $b_1$  es negativo, pero  $b_2$  es positivo este valor es un máximo y, por lo tanto, reemplazando en la ecuación el valor de X que arroja la derivada=0 y redondeando hacia arriba (ej: 5,56~6), se puede establecer la magnitud de ese valor (Y), cuándo X es

máximo. En el caso de  $F_3$ ,  $b_1$  es positivo y  $b_2$  es negativo y por eso es un valor mínimo. Esta función matemática permite extrapolar el valor aún cuando la derivada coloca el mínimo/máximo fuera del rango real de valores de  $X$ , pero se debe tomar la precaución de que el término cuadrático no esté muy lejos de cero (Di Rienzo, 2015).

## **2.2. Diámetro medio según tipo de fibra**

Ver División 1.2.

## **2.3. Frecuencia de rizo**

Ver División 1.3.

## **2.4. Grupo de Rizo**

Ver División 1.4.

## **2.5. Largo de fibra**

Ver División 1.5.

## **3. Efecto de la clasificación y del descordado sobre la calidad textil de la fibra**

La lógica de los gráficos del Subcapítulo 3 cambia respecto a los dos primeros subcapítulos, porque en los gráficos las variables estudiadas pasan del Eje Y al Eje X. En el Eje X, no se diferencia la edad del animal, sino que se diferencia la distribución de las muestras según rangos de cada variable. En el Eje Y se muestra el porcentaje de muestras dentro de cada rango. De esa manera, se despliega la estructura de vellón de una manera novedosa y se investigan diferentes tipos de diámetro medio (DM), frecuencia de rizo (FR), grupo de rizo (GR) y largo (L).

### **3.1. Descripción esquemática y conceptual de los TV**

Como materiales para la descripción esquemática y conceptual de la estructura de los tipos de vellón, se utilizó una cantidad numerosa, no registrada, de muestras de fibra de llama, separadas al azar. Esto se hizo, por un lado, antes de implementar la Disección Tripartita a partir de la mecha completa, especialmente respecto a la forma típica que manifiesta. Por otro lado, se realizó durante la implementación de la Disección observando las particularidades de las fibras de cada grupo de fibra.

El método utilizado es la apreciación visual, con la cual se procedió en detectar características típicas de las diferentes fibras y de las mechas de los diferentes tipos de vellón. A partir de lo visto, se realizó una esquematización y conceptualización de las mechas típicas destacando

diferencias específicas. Además, se procedió a describir ciertas características de las fibras y/o del vellón como opuestos.

### **3.2. Diferenciación de los TV según características opuestas**

Ver División 3.1.

### **3.3. Frecuencia de rizo según TV**

Los materiales utilizados para las Divisiones 3.3 a 3.9 son muestras que se encontraban guardadas en el Laboratorio de Fibras y forman parte de la base de datos observacional mencionada en el primer subcapítulo. Se seleccionaron 252 muestras de un total de más de 2000, únicamente muestras de fibra de animales jóvenes de las categorías de edad de 1, 2 y 3 años. De las 252 muestras incluidas en el análisis 101 muestras son del tipo de vellón DC, 50 de CI, 19 de SC, 46 de HL y 36 de L. La cantidad total de las muestras estaba limitada por la base de datos existente en el Laboratorio y no puede representar a la totalidad de la población de llamas, pero sí representa, de manera válida, a un posible lote de fibra.

Los métodos descritos en el Subcapítulo 1 en relación a las variables, los tipos de vellón, la Disección Tripartita tanto como para el análisis estadístico, también aplica para el Subcapítulo 3. Para diferenciar la denominación abreviada de las variables utilizadas se le agregó una letra “e” al final. Se eligió la letra “e” de “estructura”, ya que el tercer subcapítulo está especialmente dedicado a describir la estructura de vellón de llama y destacar las diferencias según tipos vellón.

Para la frecuencia de rizo (FR), lo dicho en la División 1.3 acerca de la FR, aquí también aplica. Los gráficos relacionados a la FR se hicieron con los tres tipos de vellón principales, o sea DC, SC y L. Dentro de estos tipos de vellón, se incluyeron los vellones de todos los diámetros, gruesos tanto como finos. El rango que se estableció para el análisis de la FR es de 1 ondulación/cm. La FR para cada GF es calculada como un promedio según las FR medidas de tres fibras separadas al azar.

### **3.4. Grupos de rizo según TV**

Lo dicho en la División 1.4 acerca de los grupos de rizo (GR), aquí también aplica. Los gráficos relacionados al GR se hicieron con los tres tipos de vellón principales, o sea DC, SC y L, es decir que los gráficos no incluyen los datos de los vellones CI y HL. Dentro de estos tipos de vellón, se incluyeron los vellones de todos los diámetros, gruesos tanto como finos.

### **3.5. Largo de fibra según TV**

Lo dicho en la División 1.5 acerca del largo de fibra (L), aquí también aplica. Para el gráfico relacionado al largo de fibra se incluyeron a todos los tipos de vellón y se establecieron rangos de 2 cm. El largo de fibra para cada GF es calculado como un promedio según los largos medidos de tres fibras separadas al azar.

### **3.6. Diámetro medio según TV**

Lo dicho en la División 1.1 acerca de DM1, DM2 y DM3, aquí también aplica. Asimismo, se aplica lo especificado en el Subcapítulo 1 acerca del análisis estadístico y la utilización del Test de Kruskal Wallis.

### **3.7. Diámetro medio según TV con y sin clasificación y/o descordado**

Lo dicho en la División 1.1 acerca de DM3, aquí también aplica. Asimismo, se aplica lo especificado en el Subcapítulo 1 acerca del análisis estadístico y la utilización del Test de Kruskal Wallis.

Como mencionado anteriormente, en el análisis descrito en el Subcapítulo 3 sólo se incluyeron muestras de animales de hasta tres años de edad. Así que este método implementado implica una simulación de una clasificación básica a campo a favor de vellones con mayor probabilidad de ser finos. Además, por el hecho de que el lugar para la toma de muestra se ubica en el flanco del animal, se simula una clasificación de fibra de acuerdo a regiones corporales (Frank et al., 2007b) en la que se apartan las garras y otras partes de fibra gruesa durante o después de la esquila.

Pero, más allá de lo mencionado en el párrafo anterior, los vellones no pasaron por una clasificación propiamente dicho, o sea que no se evalúa vellón por vellón con el fin de separar los vellones de acuerdo a su finura. Este tipo de clasificación se simuló al evaluar los datos a través de la separación sucesiva de los vellones según su grosor. Al excluir el 26% de los vellones del análisis se simula la clasificación inicial, incluyendo sólo a los vellones con un  $DMT < 31\mu m$  en el análisis. Una segunda clasificación, un poco más rigurosa, fue simulada al incluir solamente vellones con un  $DMT < 28\mu m$ , lo cual significó excluir un 50% de las muestras de fibra del análisis.

A través de la utilización de la Disección Tripartita, las fibras finas y gruesas son adjudicadas a GF diferentes. De esa manera, se simula un proceso de descordado y, por lo tanto, se pueden calcular rindes al descordado tanto como cambios relacionados a características de fibra entre el vellón completo por un lado y, por otro, el producto y subproducto. Como regla generalizada se puede decir que el GF3 es equivalente al producto de descordado y el GF1

al subproducto, mientras que el GF2 toma una posición intermedia. Como un valor aproximado se puede tomar el GF3 como referencia para el rinde al descerado. Esto significa que el rinde mencionado aquí no es el resultado de un proceso de descerado, sino que se trata de un valor que se calcula a partir de los resultados de la Disección Tripartita y solo se puede tomar como un valor de referencia. La característica utilizada para definir el rinde es el peso del GF3 en relación al peso de la mecha completa que fue disecada (Frank et al., 2009).

### 3.8. Diámetro medio con/sin clasificación y/o descerado

Lo descrito en la División 1.1 acerca de DMTn, DM1, DM2 y DM3, aquí también aplica, al igual a lo dicho en el primer subcapítulo acerca del análisis estadístico y la utilización del Test de Kruskal Wallis. Además, lo descrito en la División 3.7 en relación a la simulación de la clasificación y el descerado, también aplica a esta división.

Para la elaboración de los gráficos relacionados al DM, se establecieron rangos de 3  $\mu\text{m}$  como para crear un histograma de diámetros de fibra y, así, mostrar la distribución de diámetros medios. Tabla 1 muestra que, de acuerdo a los rangos de finura definidos en Frank (2001), el rango llamado “23,5  $\mu\text{m}$ ” corresponde a fibras finas, el rango “20,5  $\mu\text{m}$ ” a superfinas y las fibras del rango “<19  $\mu\text{m}$ ” corresponde a ultrafino. Para la elaboración del gráfico relacionado al DM se incluyeron a todos los tipos de vellón.

Tabla 1: Rangos de diámetro medio de fibra (DM)

<b>Rangos utilizados en la presente tesis</b>		<b>Rangos utilizados en Frank (2001)</b>	
Rangos de DM ( $\mu\text{m}$ )	Denominación	Rangos de DM ( $\mu\text{m}$ )	Denominación
16,00 – 18,99	< 19	< 19	Ultrafino
19,00 – 21,99	20,5	19 – 21,9	Superfino
22,00 – 24,99	23,5	22 – 24,9	Fino
25,00 – 27,99	26,5	25 – 29,9	Mediano
28,00 – 30,99	29,5	25 – 29,9 / > 30	Mediano / grueso
31,00 – 33,99	32,5	> 30	Grueso
Rangos sucesivos desde 34,00 a 69,99	Rangos sucesivos desde 35,5 a 68,5	> 30	Grueso
>= 70,00	>= 70	> 30	Grueso

(DM: diámetro medio de fibra)

### 3.9. Potencial de la clasificación y del descerado

Lo descrito en la División 1.1 acerca de DMTn, DM1, DM2 y DM3, aquí también aplica, al igual a lo dicho en el primer subcapítulo acerca del análisis estadístico y la utilización del Test de Kruskal Wallis. Además, lo descrito en la División 3.7 en relación a la simulación de la clasificación y el descerado, también se aplica a esta división.



## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 1. Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama

#### 1.1. Diámetro medio total y diámetro medio según grupos de fibra (GF)

La Figura 8 muestra que el diámetro medio total (DMT) tiene un valor bajo para el animal joven y se modifica con el incremento de la edad, aumentando su valor. El DMT alcanza el umbral de 30  $\mu\text{m}$  en la clase de edad 4, pero aún continúa subiendo hasta la edad 5, de acuerdo a los resultados del Test de Kruskal Wallis (KW).

Las curvas suavizadas de Figura 8 no se podrían ajustar a una función lineal, sino que muestran un comportamiento curvilíneo. Al ajustar DMTv a un polinomio de segundo grado ( $R^2=0,30$ ) su derivada primera igualada a cero da un máximo de 8,8 años y las de DMTp y DMTn un máximo de 10,0 y 10,3 respectivamente. Sin embargo, para la variable DMTv, el nivel máximo de diferencia significativa del diámetro con respecto a la clase de edad 1 (KW) ya se alcanza en la clase de edad 5 y para DMTn y DMTp en la clase de edad 6. Esto indica una relación clara con el crecimiento del animal, el cual está representado por el perímetro torácico (PERIMc y PERIMo). Las Figuras 9 y 10 muestran la alta correlación entre PERIM y DMTv, tanto para la tropa de animales experimentales como para las tropas observacionales.

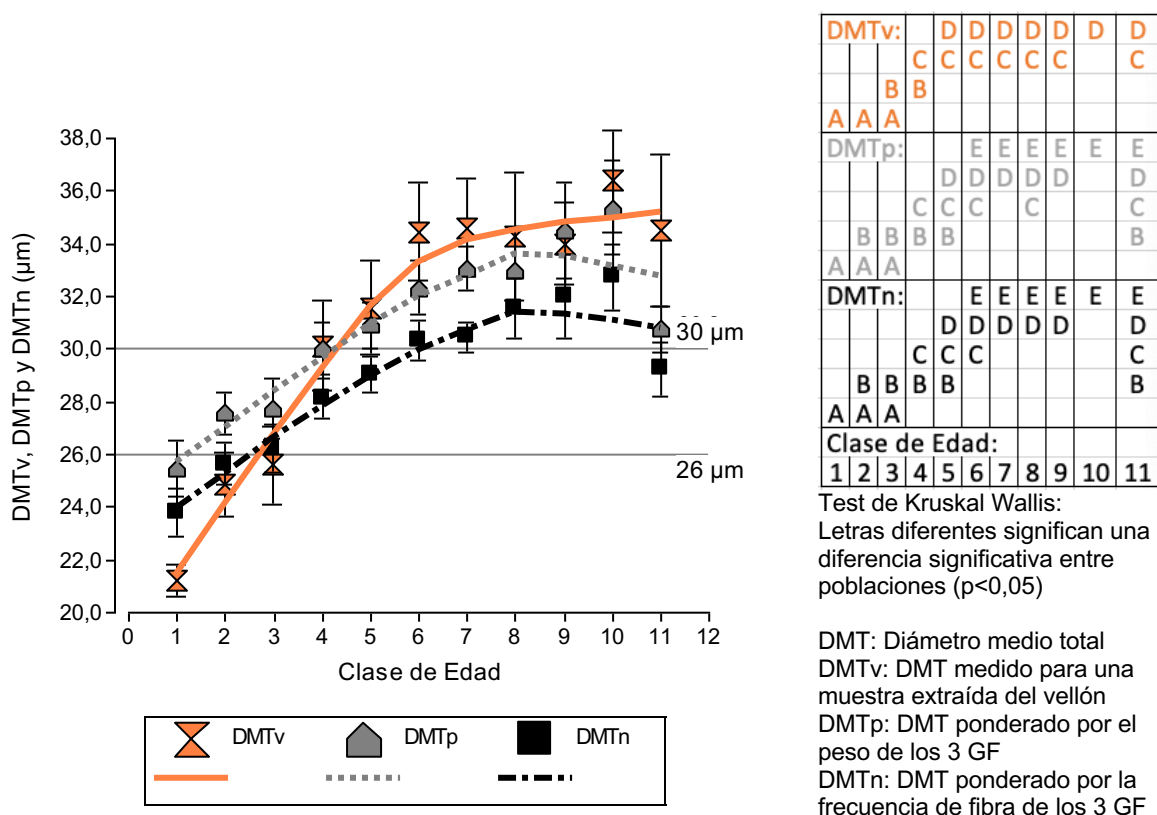


Figura 8: Modificación del DMTv, DMTp y DMTn con la clase de edad (Animales experimentales)

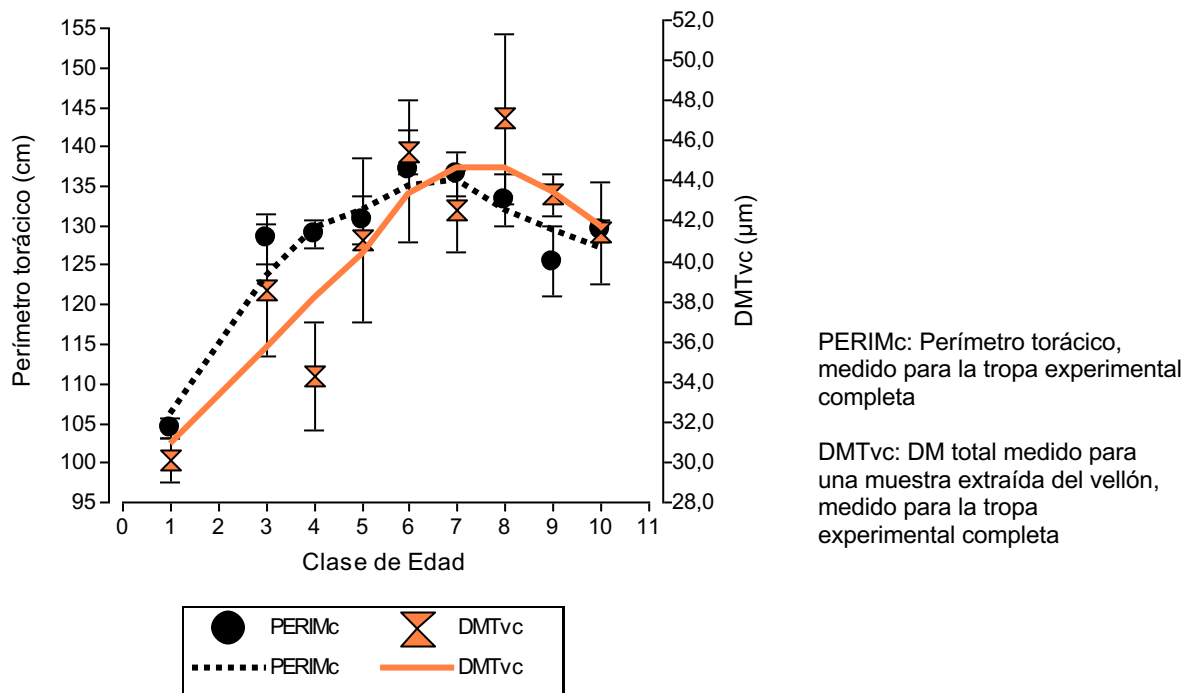


Figura 9: Modificación del perímetro torácico (PERIMc) y diámetro medio total (DMTvc) con la clase de edad (Animales experimentales)

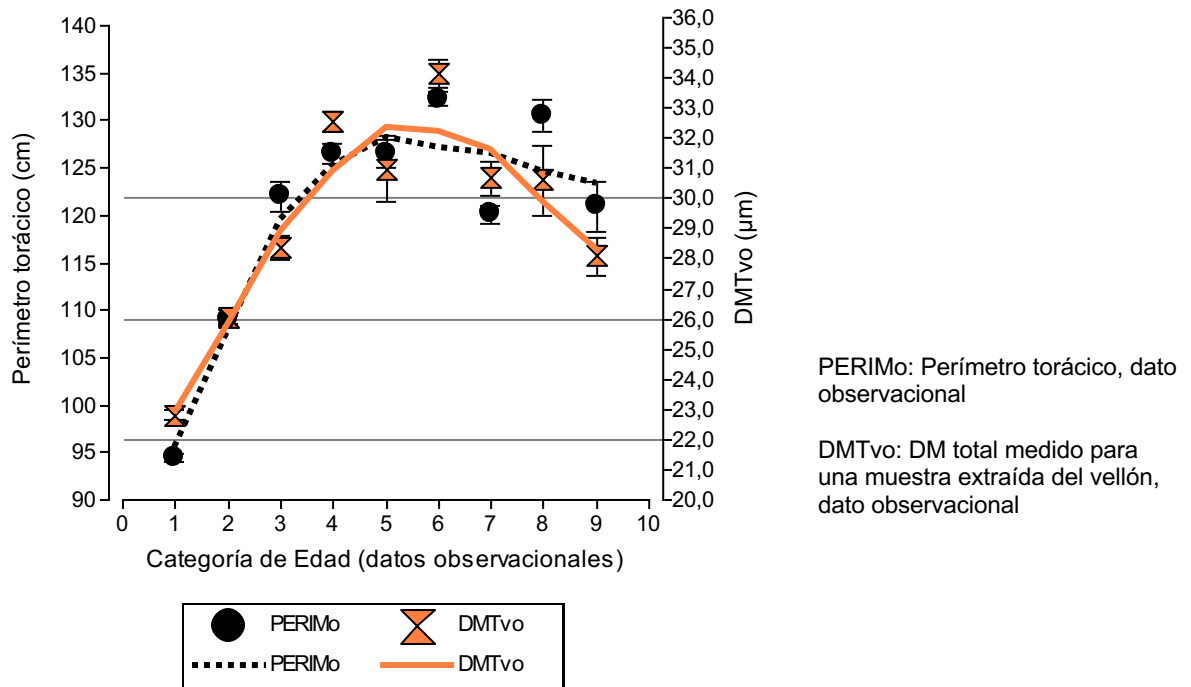
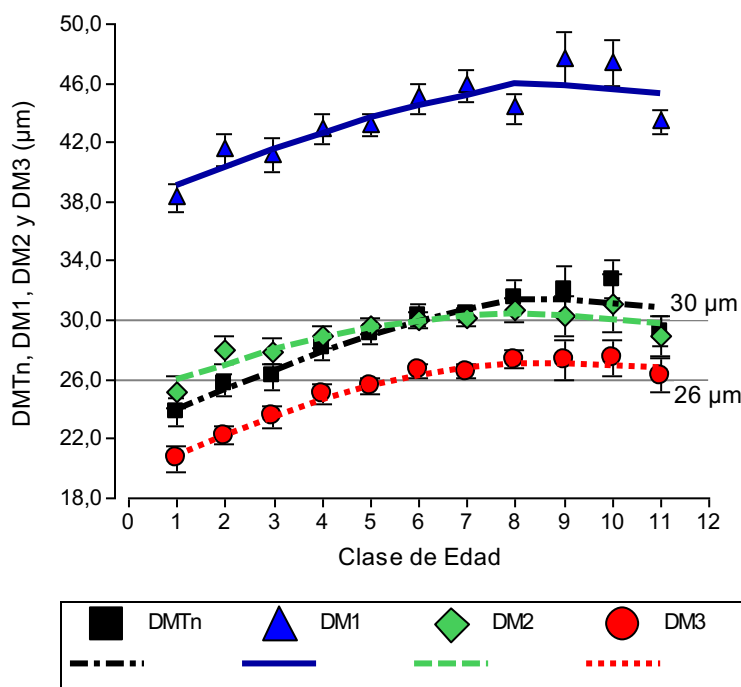


Figura 10: Modificación del perímetro torácico (PERIMo) y diámetro medio total (DMTvo) con la clase de edad (Animales observacionales)

El DMT elegido para ser repetido en la Figura 11 es el DMTn ya que es un DM ponderado por frecuencia de fibra o número (Fórmula 3), igual que los DM de los tres GF (DM1, DM2 y DM3, Fórmula 4). DM1, DM2 y DM3, implícitamente, están incluidos en DMTn (Fórmula 3) y en la

Figura 11 se ve cómo el DMTn se puede desglosar en estos tres DM. Las fibras gruesas (DM1) son considerablemente más gruesas que las fibras finas o intermedias, pero como son de frecuencia menor, no influyen tanto en el DMTn. Cada GF por separado muestra el recorrido curvilíneo, comenzando con valores bajos y con la tendencia a aumentar su valor con el incremento de la edad hasta estabilizarse y, luego, comenzar a bajar. En el caso de DMTvo, el DM comienza a reducirse con las clases de edad 6-7 (Figura 26, datos observacionlas) y para los DM de los datos experimentales con clases de edad más avanzadas, pero con la misma tendencia de bajar con la edad. Las curvas de DM2 y DM3 ajustadas a un polinomio de segundo grado ( $R^2=0,16$  y  $0,35$ ) tienen su máximo a los 8,1 y 8,7 años respectivamente, mientras que la curva de DM1 ( $R^2=0,22$ ) tiene su máximo recién a los 10,0 años.



DM1:				D	D	D	D	D	D	D	
			C	C	C	C	C			C	
	B	B	B	B			B			B	
A	A	A									
DM2:	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
	B	B	B	B	B			B	B	B	
A	A	A	A							A	
DM3:			D	D	D	D	D	D	D	D	
			C	C	C	C		C	C	C	
		B	B	B						B	
A	A	A									
Clase de Edad:											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Test de Kruskal Wallis:  
Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones ( $p < 0,05$ )

GF: Grupo de fibra  
DM: Diámetro medio  
DMTn: DM total ponderado por frecuencia de fibra de los 3 GF  
DM1: DM del GF1  
DM2: DM del GF2  
DM3: DM del GF3

Figura 11: Modificación del DM según GF y DMTn con la clase de edad (Animales experimentales)

Cada una de las Figuras 12 a 14 repiten a una de las tres curvas de la Figura 11 y, con un Eje Y a la derecha, también grafican el desvío estándar del diámetro de cada GF (DE1, DE2 y DE3). Se graficó DM y DE de los 3 GF en relación a la edad para mostrar que el DE incrementa con el incremento de DM, lo cual es menos marcado para DM2.

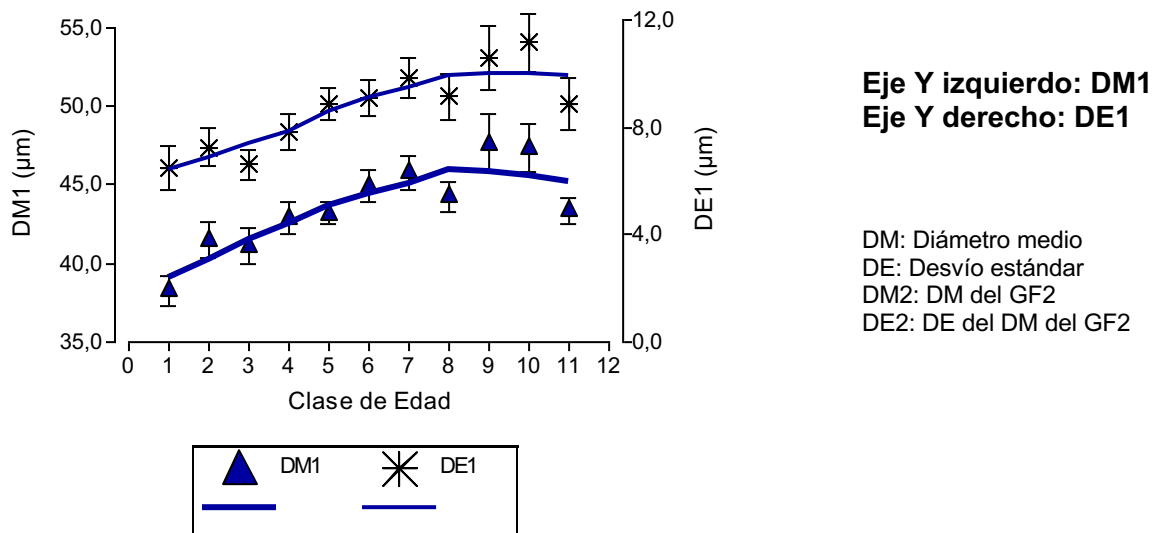


Figura 12: Modificación de DM1 y DE1 con la clase de edad, para GF1 (Animales experimentales)

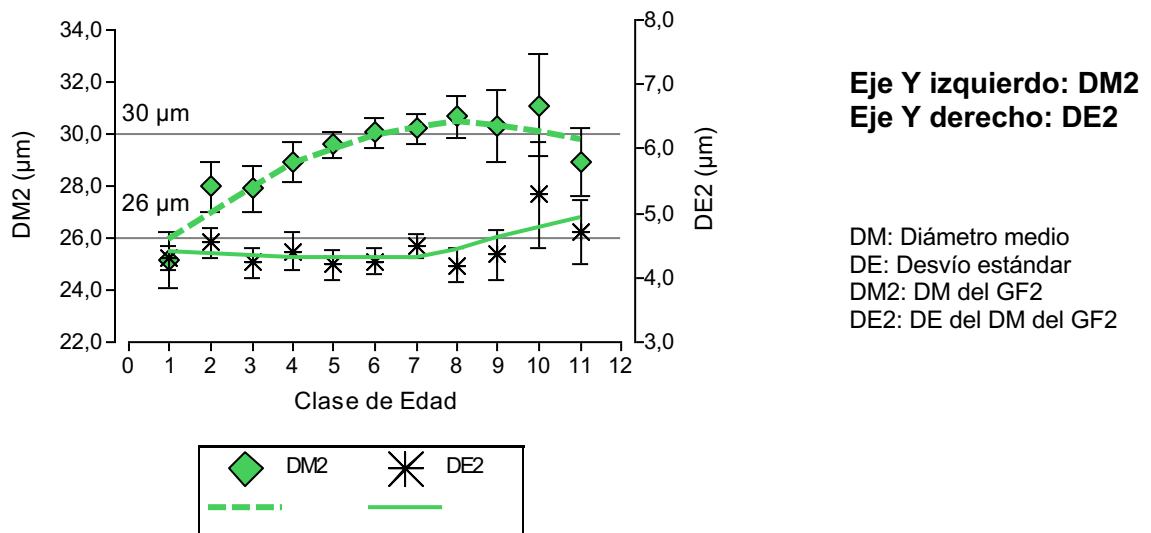


Figura 13: Modificación de DM2 y DE2 con la clase de edad, para GF2 (Animales experimentales)

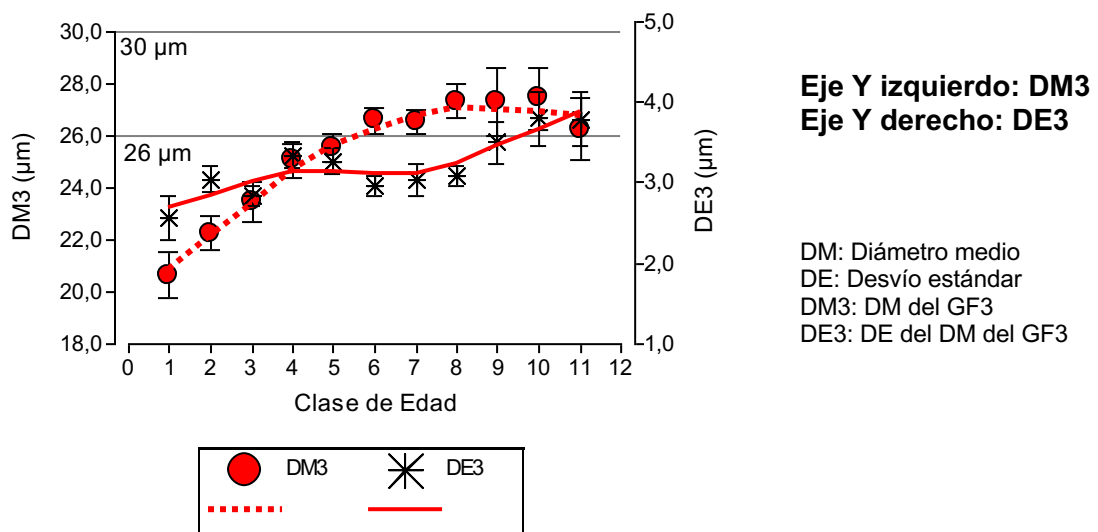


Figura 14: Modificación de DM3 y DE3 con la clase de edad, para GF3 (Animales experimentales)

Es importante destacar que DM1 es muy alto desde la clase de edad 1 (Figura 12) y que, a la vez, DM3 muestra valores bajos, o sea valores interesantes en relación a su calidad textil, más que nada durante las primeras clases de edad (Figura 14).

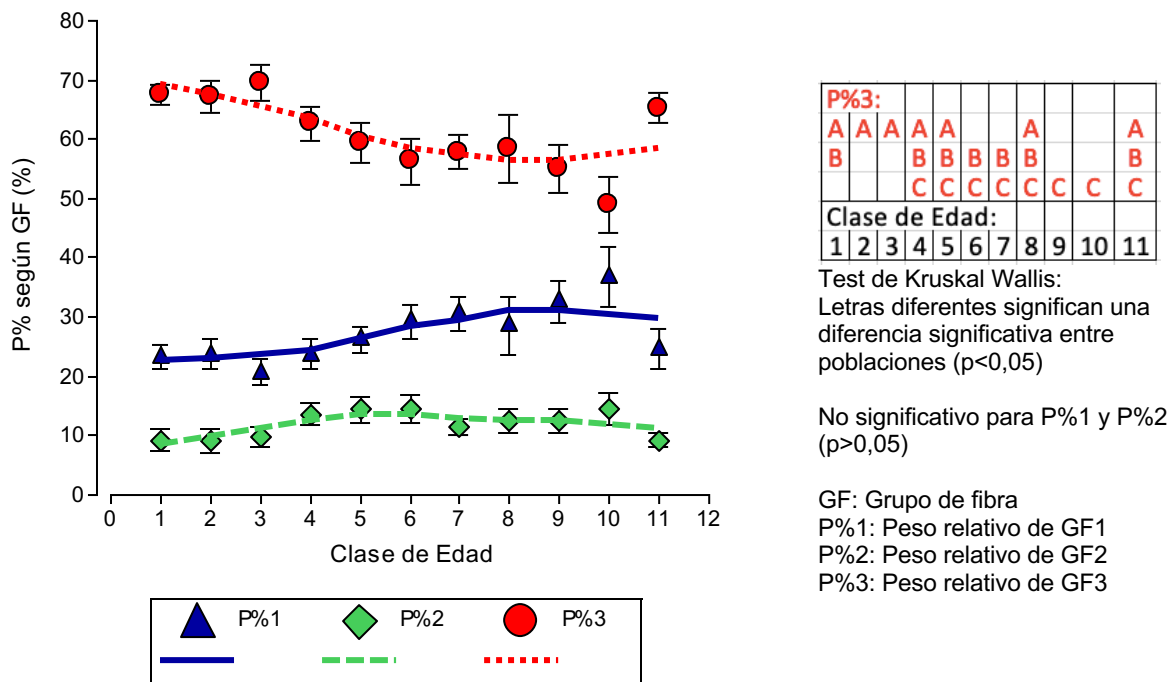


Figura 15: Modificación del peso relativo con la clase de edad, según GF (Animales experimentales)

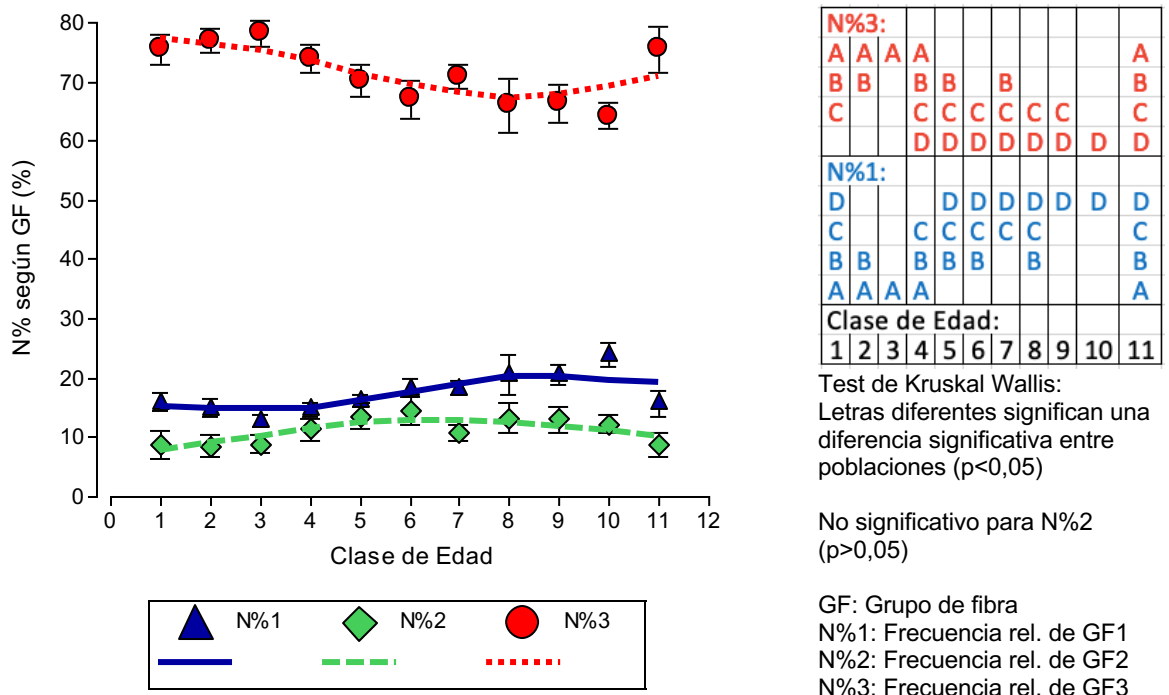


Figura 16: Modificación de la frecuencia de fibra relativa con la clase de edad, según GF (Animales experimentales)

La Figura 15 y la Figura 16 grafican el peso relativo de cada GF (P%1, P%2 y P%3) y la frecuencia de fibra relativa de cada GF (N%1, N%2 y N%3). Al igual que el DM de cada GF

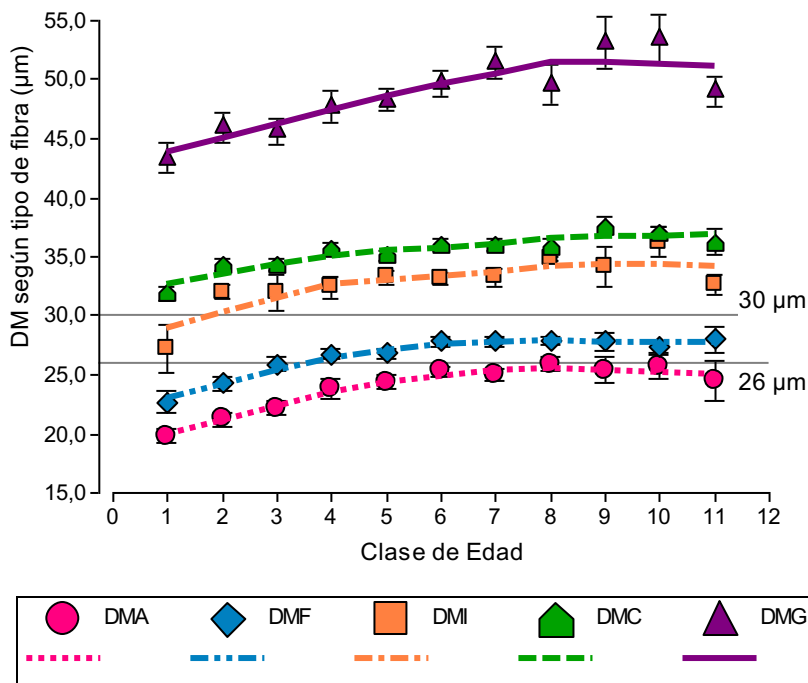
(DM1, DM2 y DM3), también éstas variables son utilizados para calcular DMT<sub>p</sub> y DMT<sub>n</sub> (Fórmulas 2 y 3). Para entender la estructura de vellón es importante saber cómo son las características de las fibras que componen una mecha. Por ejemplo, en el caso de la Figura 15, la mecha completa es representada por el conjunto de 3 datos de una misma clase de edad, o sea un dato de cada una de las 3 curvas, tal como lo muestra la Figura 19 (centro) con el ejemplo de la clase de edad 1. De esta manera, se muestra la estructura de vellón a través de la preponderancia de fibras según los diferentes GF, o sea de diferente finura.

De acuerdo a lo que indican las curvas de las Figuras 15 y 16, dentro del vellón de llama, existe una gran preponderancia de fibras finas (P%3 y N%3), lo cual confirma un alto potencial respecto al rinde al descordado. También muestra el efecto de la edad sobre la estructura de vellón y la tendencia de que el porcentaje de fibras finas (P%3 y N%3) se reduce con la edad, mientras que las fibras gruesas (P%1 y N%1) aumentan. Pero, la comparación por KW no es significativa P%2 ( $p > 0,05$ ) y no muestra una tendencia lógica para P%1 ni P%3. Además, se puede ver una presencia baja de las fibras intermedias (P%2 y N%2), lo cual significa que las fibras finas (GF3) y las fibras gruesas (GF1) realmente son las que definen la estructura de vellón y que son los grupos de fibra más importantes. Esto se ve reflejado en la esquematización de la Figura 46, en la que únicamente están dibujadas las fibras finas y gruesas.

## 1.2. Diámetro medio según tipo de fibra

En la División 1.1 se mostró como el diámetro medio total (DMT), en ese caso DMT<sub>n</sub>, se puede desglosar en los DM (DM1, DM2 y DM3) de los 3 GF que resultan de la Disección Tripartita. Otra manera de desglosar el DMT es a través de los 5 grupos que se basan en los 5 tipos de fibra definidos a través de sus respectivos tipos de médula (A, F, I, C y G) (Figura 17). Esta es otra manera de evidenciar la estructura de vellón de llama. Las curvas muestran un comportamiento curvilíneo, o sea la misma tendencia respecto a la modificación con el incremento de la edad que los DM descritos anteriormente. Las curvas de DMA, DMF y DMI ajustadas a un polinomio de segundo grado ( $R^2=0,33$ ;  $0,38$  y  $0,25$ ) tienen su máximo a los 8,5 y 7,6 y 8,8 años respectivamente, mientras que las curvas de DMC y DMG ( $R^2=0,25$  y  $0,20$ ) tienen su máximo recién a los 10,2 y 12,8 años.

A través del análisis según tipos de médula, la evaluación del DM se traslada del nivel de los tres GF que son determinados por características macroscópicas de la fibra a un nivel definido por una característica microscópica como lo es el tipo de médula. El DM según tipo de médula se mide para cada GF por separado (por ejemplo, DMA1, DMA2 y DMA3 para las fibras ameduladas) y, a través de la Fórmula 5, se calcula la variable que representa la mecha completa (Figura 5).

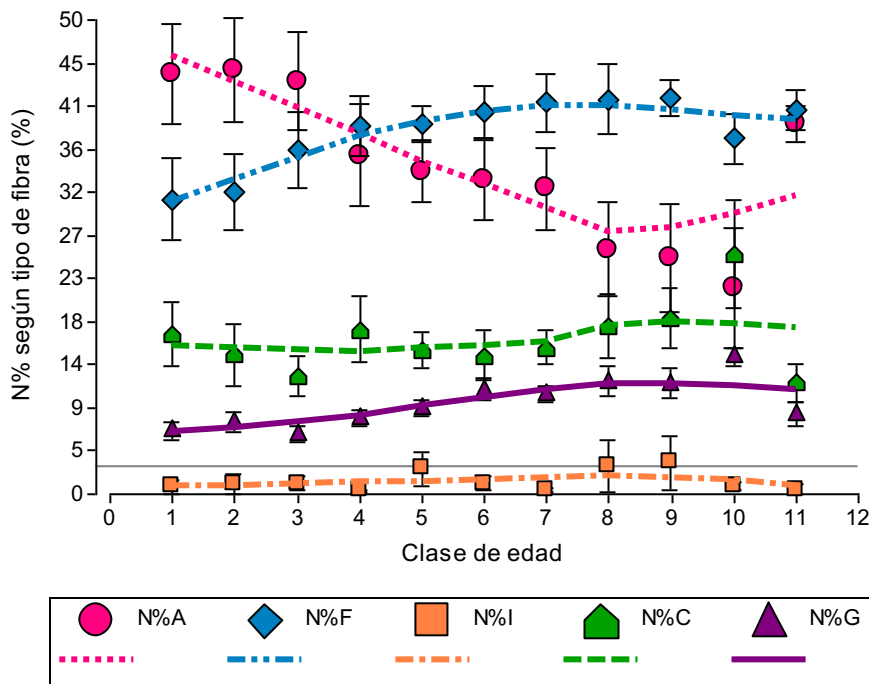


DMG:		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	A	A	A								
DMC:		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	A	A									
DMI:		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	A	A	A	A							
DMF:		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	A	A									
DMA:		D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	B	B	B								
	A	A	A								
Clase de Edad:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Test de Kruskal Wallis:  
 Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones (p<0,05)

DMA: DM de las fibras amedul.  
 DMF: DM de fibras de médula fragmentada  
 DMI: DM de fibras de médula interrumpida  
 DMC: DM de fibras de médula continua  
 DMG: DM de fibras de médula gruesa

Figura 17: Modificación del DM con la clase de edad, según tipos de fibra (Animales experimentales)



N%A:											
	A	A	A	A	A	A	A				A
	B			B	B	B	B	B			B
				C	C	C	C	C	C	C	C
N%F:	No significativo										
N%C:	No significativo										
N%G:							E	E	E		
							D	D	D	D	D
							C	C	C	C	C
	B	B		B	B						B
	A	A	A	A							A
N%I:	No significativo										
Clase de Edad:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Test de Kruskal Wallis:  
 Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones (p<0,05)

N%A: N% de las fibras amedul.  
 N%F: N% de fibras de médula fragmentada  
 N%I: N% de fibras de médula interrumpida  
 N%C: N% de fibras de médula continua  
 N%G: N% de fibras de médula gruesa

Figura 18: Modificación de la N% con la clase de edad, según tipos de fibra (Animales experimentales)

En las Figuras 17 y 18 se representan la mecha completa en un solo gráfico, o sea que el conjunto de 5 datos de una misma clase de edad, representa a una mecha completa, tal como lo muestra Figura 19 (abajo). En cambio, en las Figuras 21 y 22 se muestran la mecha completa en una secuencia de 3 gráficos, o sea que el conjunto de todos los datos de los 3 GF de una misma clase de edad describen a la mecha completa, tal como se explica en la Figura 20. O sea que se revela información sobre cada uno de los 3 GF por separado y se permite una comparación gráfica entre los GF. Los 5 tipos de médula representan a 5 subgrupos dentro de cada uno de los 3 GF formados a través de la Disección Tripartita, o sea que se detalla y completa la información sobre el efecto de la edad de manera diferenciada por GF.

Las Figuras 21 y 22 son las que mejor muestran la estructura de vellón de llama por el hecho que grafican los 3 GF (GF1, GF2 y GF3) por separado y, a la vez, revelan el detalle respecto a los 5 subgrupos relacionados a los tipos de fibra (médula). Las variables incluidas en ambas figuras son las que surgen del método del microproyector (variables escritas en letra *cursiva* en la Figura 5). Son 15 variables de DM medidas en el microproyector que describen los 3 GF por un lado (GF1, GF2 y GF3) y los 5 tipos de fibra por otro (A, F, I, C y G), o sea 3 veces 5 variables. A la vez, surgen 15 variables de N%, también 3 veces 5 variables, que también describen los 3 GF por un lado (GF1, GF2 y GF3) y los 5 tipos de fibra por otro (A, F, I, C y G). Estas se grafican en la Figura 21 por un lado y la Figura 22 por otro. Son las variables de DM que se grafican por último, pero son las primeras en medir. Basado en estas variables se ponderan todas las otras variables referidas al DM de la base de datos experimental tal como muestra la Figura 5. Estas variables, en el contexto real de la producción de fibra no existen, sino que surgen exclusivamente debido al método (Disección Tripartita) que se implementó en esta tesis. Este método era fundamental para revelar la estructura de vellón y era necesaria como para acceder a una comprensión más profunda del vellón de llama.

Lo que más impacta visualmente en la Figura 21 es la presencia de 2 curvas en la parte alta del gráfico relacionado a las fibras gruesas (Figura 21, arriba, GF1), lo cual muestra como este GF se define a través de fibras gruesas de médula continua y grande. Esto es así desde la clase de edad 1 y se mantiene así con el crecimiento del animal, con la única modificación que el grosor elevado se acentúa aún más con el incremento de la edad. En correspondencia a esto, se ve un vacío en la parte baja de este gráfico, ya que el GF1 no contiene fibras finas. De la misma manera impacta la presencia de 3 curvas en la parte baja del gráfico relacionado a las fibras finas (Figura 21, abajo, GF3), o sea que el GF3 queda bien definido, principalmente por fibras ameduladas y de médula fragmentada, acompañadas por un porcentaje bajo de fibras de médula continua. Esto es así, también para animales de mayor edad. Además, se grafica



bien la gran variabilidad de las fibras intermedias (Figura 21 y Figura 22, centro, GF2) y la resultante falta de definición respecto a qué representa este GF.

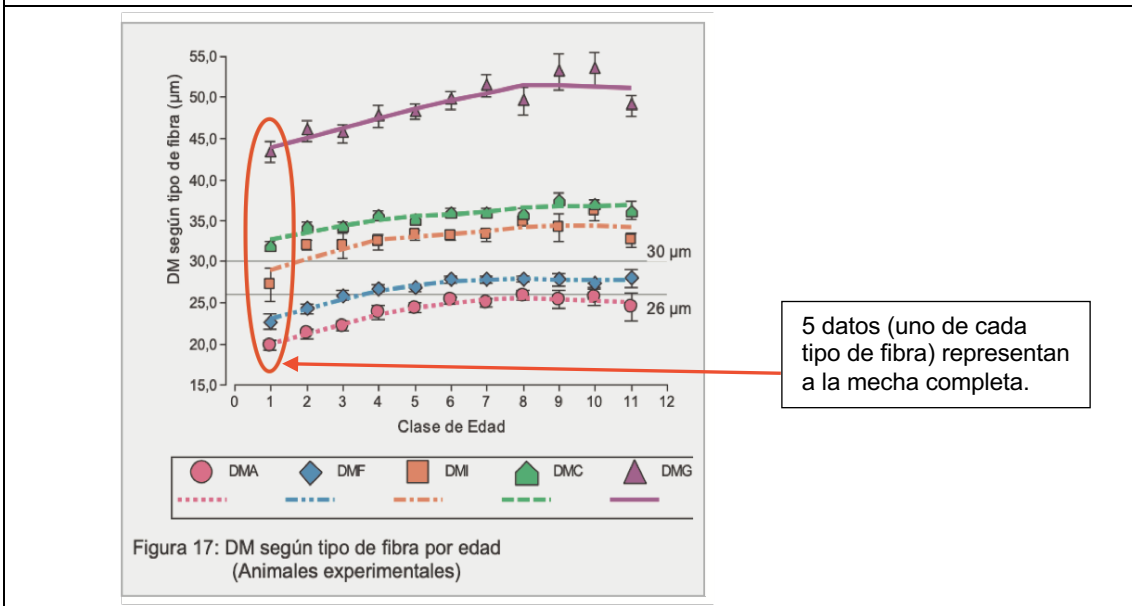
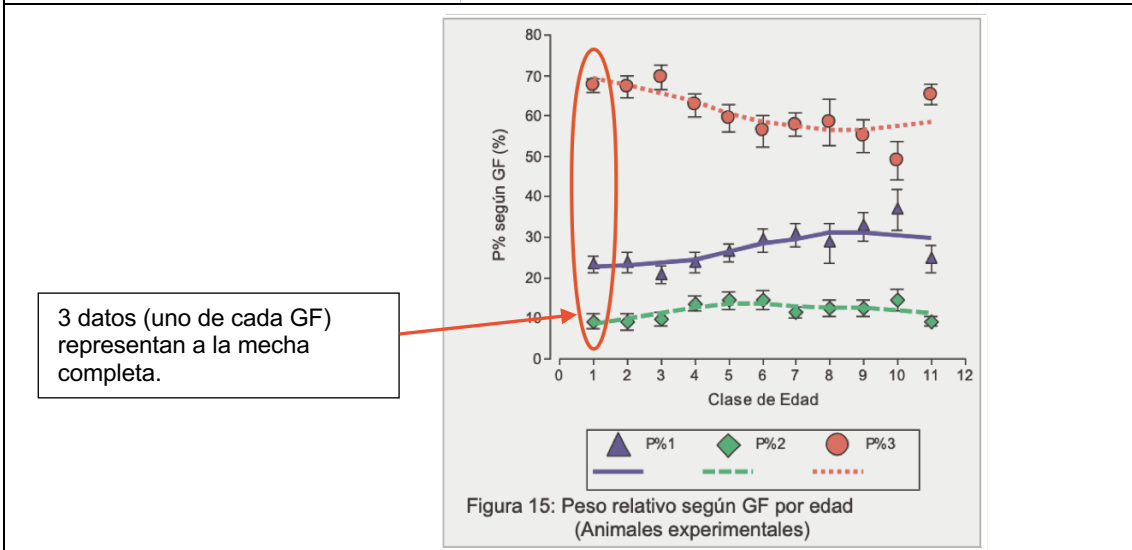
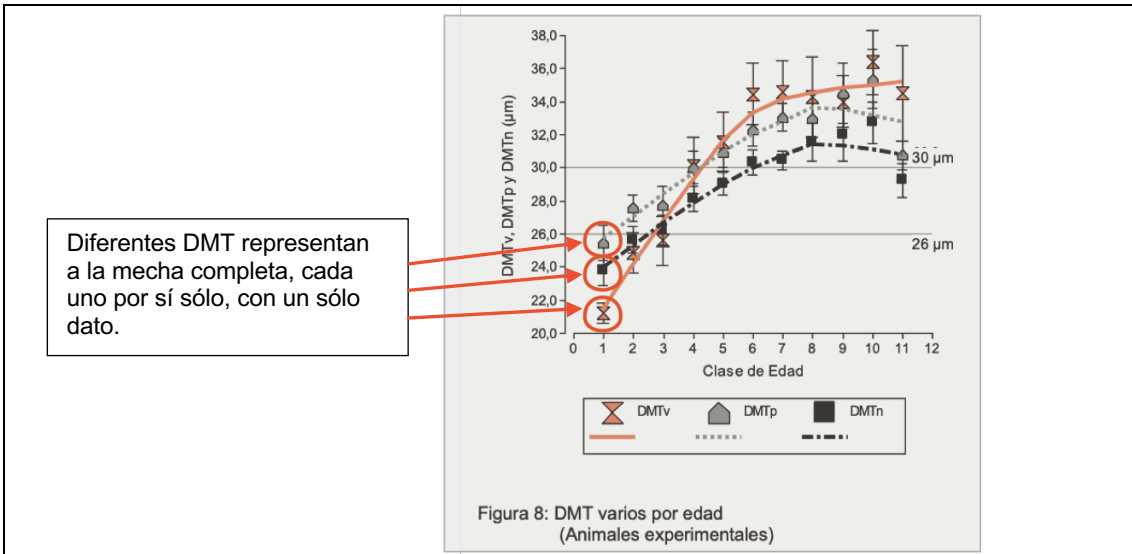


Figura 19: Ejemplos de la cantidad de datos que describen a una mecha completa en diferentes gráficos para el caso de la clase de edad 1

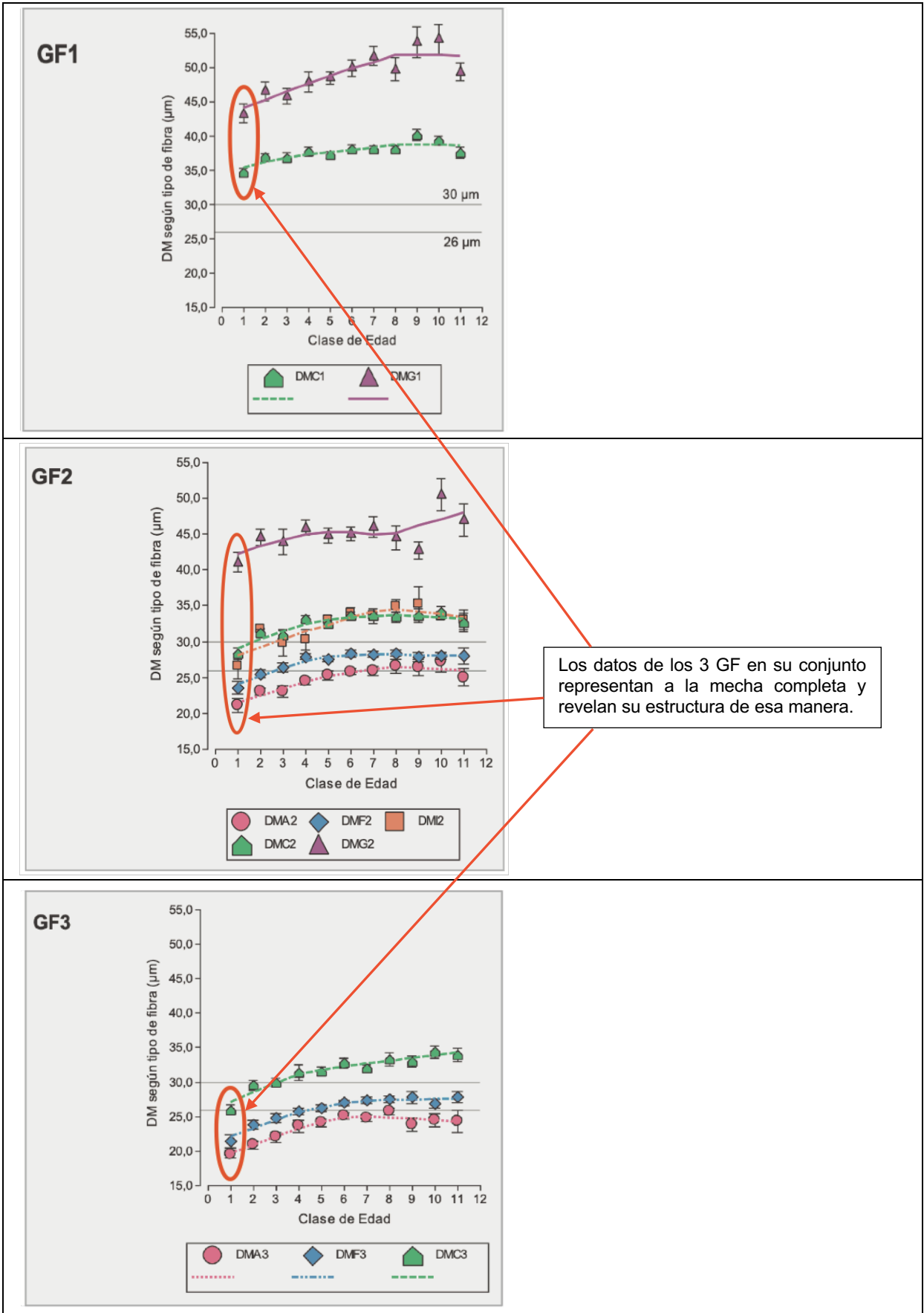
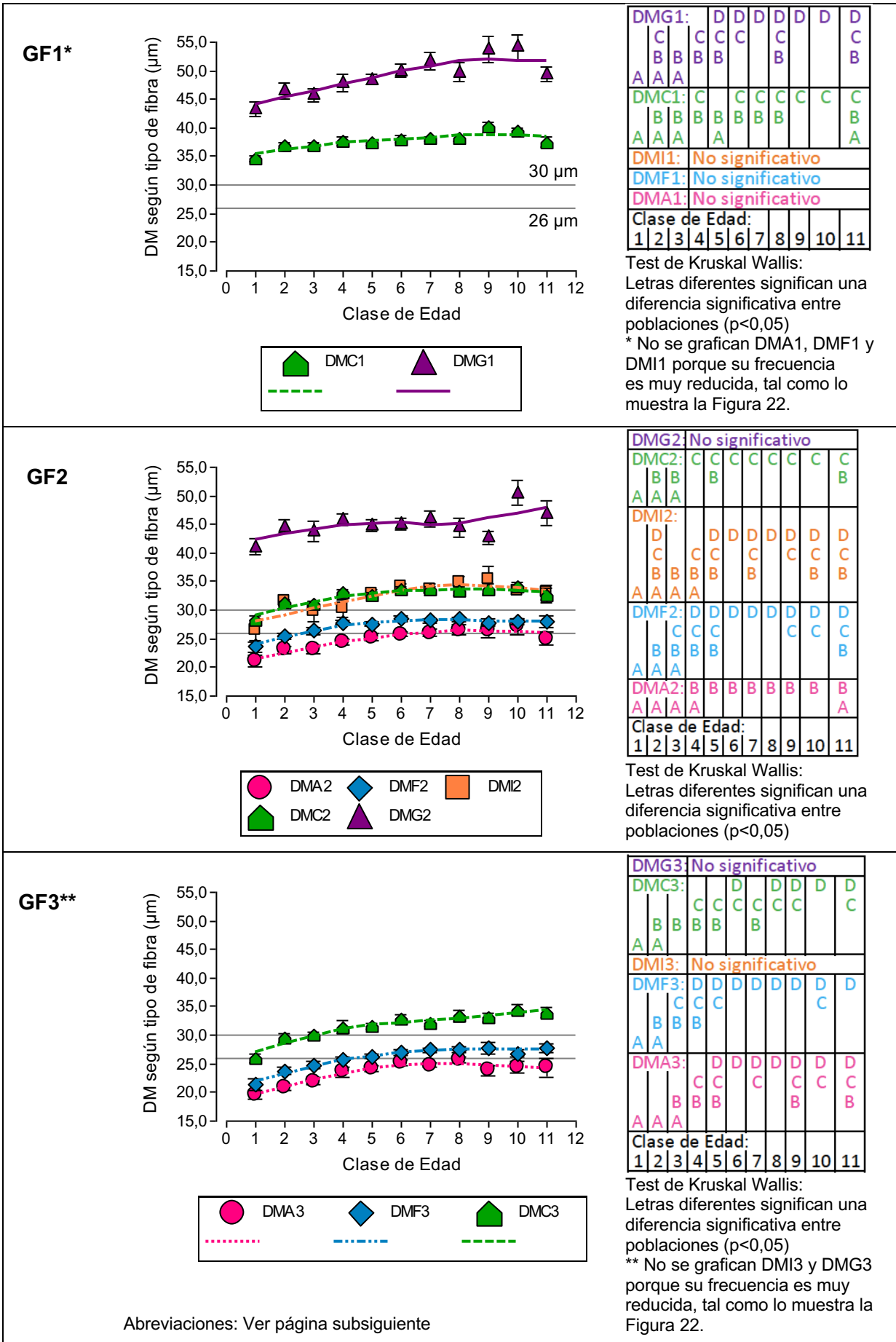
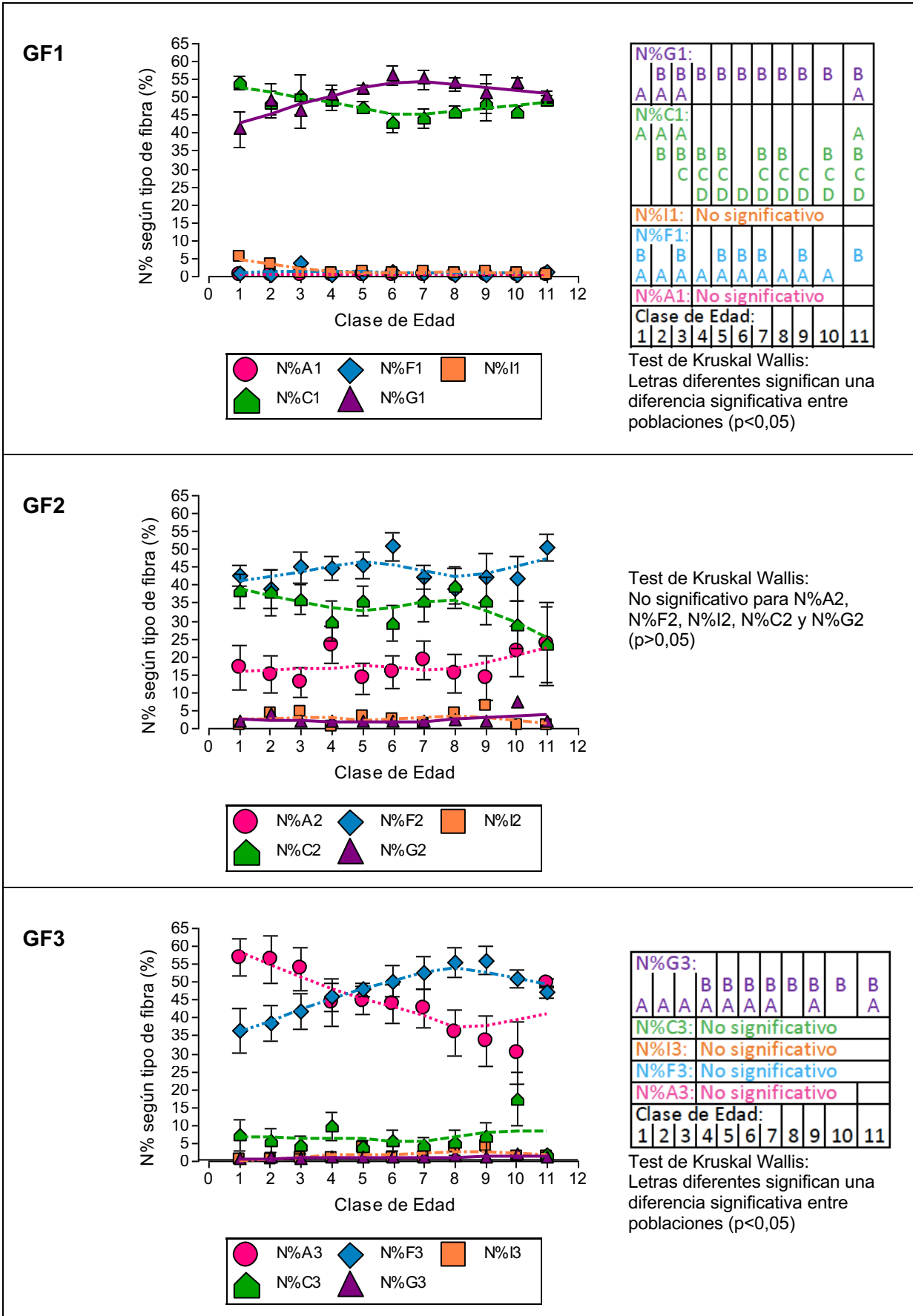


Figura 20: Ejemplo de la cantidad de datos que describen a una mecha completa para el caso de la clase de edad 1





### Abreviaciones de Figura 21:

DM: Diámetro medio
DMA1: DM de las fibras ameduladas del GF1
DMF1: DM de fibras de médula fragmentada del GF1
DMI1: DM de fibras de médula interrumpida del GF1
DMC1: DM de fibras de médula continua del GF1
DMG1: DM de fibras de médula gruesa del GF1
DMA2: DM de las fibras ameduladas del GF2
DMF2: DM de fibras de médula fragmentada del GF2
DMI2: DM de fibras de médula interrumpida del GF2
DMC2: DM de fibras de médula continua del GF2
DMG2: DM de fibras de médula gruesa del GF2
DMA3: DM de las fibras ameduladas del GF3
DMF3: DM de fibras de médula fragmentada del GF3
DMI3: DM de fibras de médula interrumpida del GF3
DMC3: DM de fibras de médula continua del GF3
DMG3: DM de fibras de médula gruesa del GF3

### Abreviaciones de Figura 22:

N%: Frecuencia de fibra relativa
N%A1: N% de las fibras ameduladas del GF1
N%F1: N% de fibras de médula fragmentada del GF1
N%I1: N% de fibras de médula interrumpida del GF1
N%C1: N% de fibras de médula continua del GF1
N%G1: N% de fibras de médula gruesa del GF1
N%A2: N% de las fibras ameduladas del GF2
N%F2: N% de fibras de médula fragmentada del GF2
N%I2: N% de fibras de médula interrumpida del GF2
N%C2: N% de fibras de médula continua del GF2
N%G2: N% de fibras de médula gruesa del GF2
N%A3: N% de las fibras ameduladas del GF3
N%F3: N% de fibras de médula fragmentada del GF3
N%I3: N% de fibras de médula interrumpida del GF3
N%C3: N% de fibras de médula continua del GF3
N%G3: N% de fibras de médula gruesa del GF3

### 1.3. Frecuencia de rizo

La Figura 23 muestra que los tres GF se diferencian bien en relación a su FR, siendo el GF1 el de fibras más lacias, el GF3 el de fibras más rizadas y el GF2 el de valores intermedios. La FR del GF1 prácticamente no varía con la edad, mientras que el GF3 es el que mayor modificación tiene, con un aumento de la FR durante los primeros años y una posterior reducción.

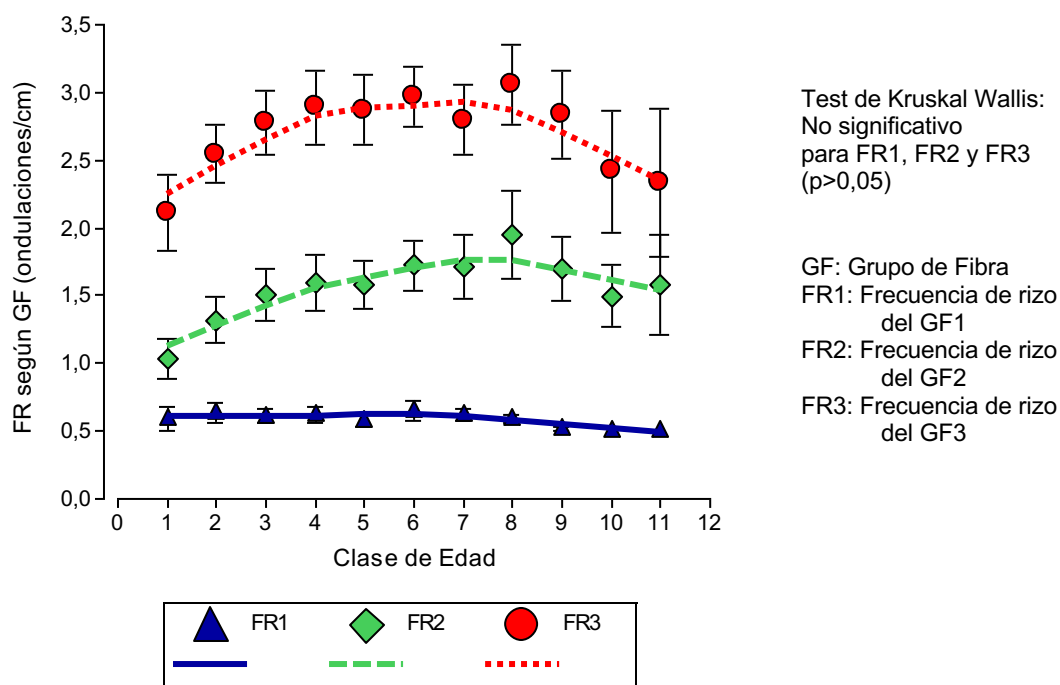


Figura 23: Modificación de la FR con la clase de edad, según GF (Animales experimentales)

### 1.4. Grupos de rizo

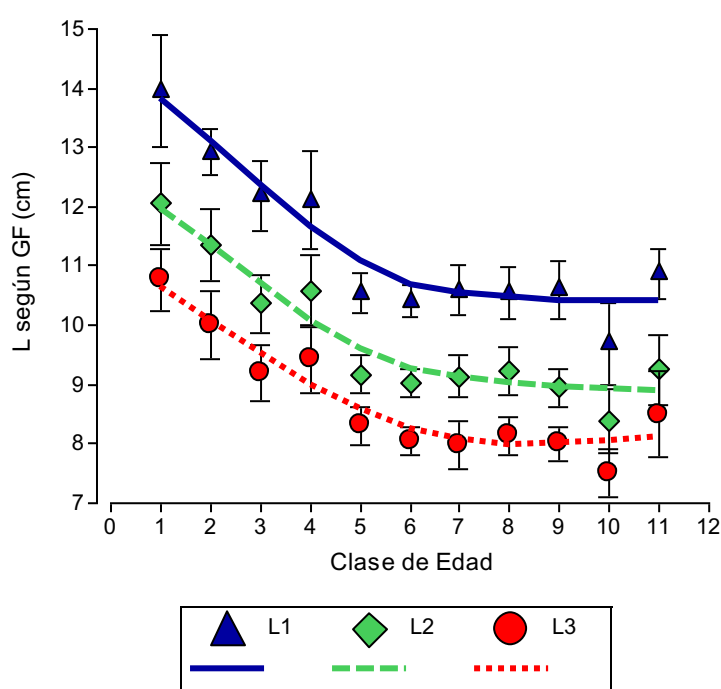
Para el 100% de las fibras analizadas del grupo de fibras gruesas (GF1), el grupo de rizo (GR) es el GR4. Esto es así para todos los TV, tal como se ve en la segunda columna de la Tabla 2. Respecto a las clases de edad, en el GF1, no hubo modificaciones, lo cual está en concordancia a la FR del GF1. Para los GF2 y GF3 en general tampoco se mostraron modificaciones según la edad. Solamente en el GR3 del vellón DC aumentó levemente la presencia de fibras del GR3 y en el GR3 del vellón L aumentó levemente la presencia de fibras del GR4, o sea que estas modificaciones eran muy acotadas a un solo GF, eran muy reducidas y sin cambiar la estructura de vellón.

Tabla 2: GR según GF, para cada TV (animales experimentales)

	GF1	GF2	GF3
DC	solo GR4	GR3 y GR4 en partes iguales	GR2 y GR3, un poco más GF3
CI	solo GR4	GR3 y GR4, más GF4	GR2 y GR3, más GF3
SC	solo GR4	GR3 y GR4, un poco más GF3	GR2 y GR3, un poco más GF2
HL	solo GR4	casi solo GR4, un poco GR3	GR3 y GR4, un poco GF2
L	solo GR4	casi solo GR4, un poco GR3	GR3 y GR4, un poco GF2

### 1.5. Largo de fibra

Figura 24 muestra que el largo mayor se midió para los animales jóvenes y la tendencia del largo muestra una reducción con el incremento de la edad hasta la clase de edad 5, en la que se estabiliza.



L1:										
A	A	A	A							A
		B	B			B	B	B		B
			C	C	C	C	C			C
				D	D	D	D	D	D	D
L2:										
A	A	A	A							
	B	B	B							B
		C	C					C		C
			D	D	D	D	D	D	D	D
				E	E	E	E	E	E	E
L3:										
A	A	A	A							A
		B	B	B	B	B	B	B		B
			C	C	C	C	C	C		C
Clase de Edad:										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Test de Kruskal Wallis:  
 Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones (p<0,05)  
 GF: Grupo de fibra  
 L1: Largo del GF1  
 L2: Largo del GF2  
 L3: Largo del GF3

Figura 24: Modificación del largo con la clase de edad, según GF (Animales experimentales)

### 1.6. Concordancia de las bases de datos experimental y observacional

Los 3 gráficos de la División 1.6 incluyen datos de las dos bases de datos, la experimental y la observacional, para aportar información respecto a cuánto ambas concuerdan entre sí. Las variables utilizadas en este contexto son el perímetro torácico (PERIM) en Figura 25, el diámetro medio total (DMT) en Figura 26 y los DM de cada tipo de fibra (según tipo de médula: DMA, DMF, DMI, DMC y DMG) en Figura 27.

La clase de edad marca la edad de los animales experimentales y la categoría de edad la de los animales observacionales. Ambas variables pueden ser tomadas como equivalentes y, por lo tanto, se pueden incluir en el mismo Eje X. Las curvas de PERIMc y PERIMo, que son variables de los animales experimentales y observacionales respectivamente, muestran una forma muy parecida, ambas con un máximo en la clase de edad 6.

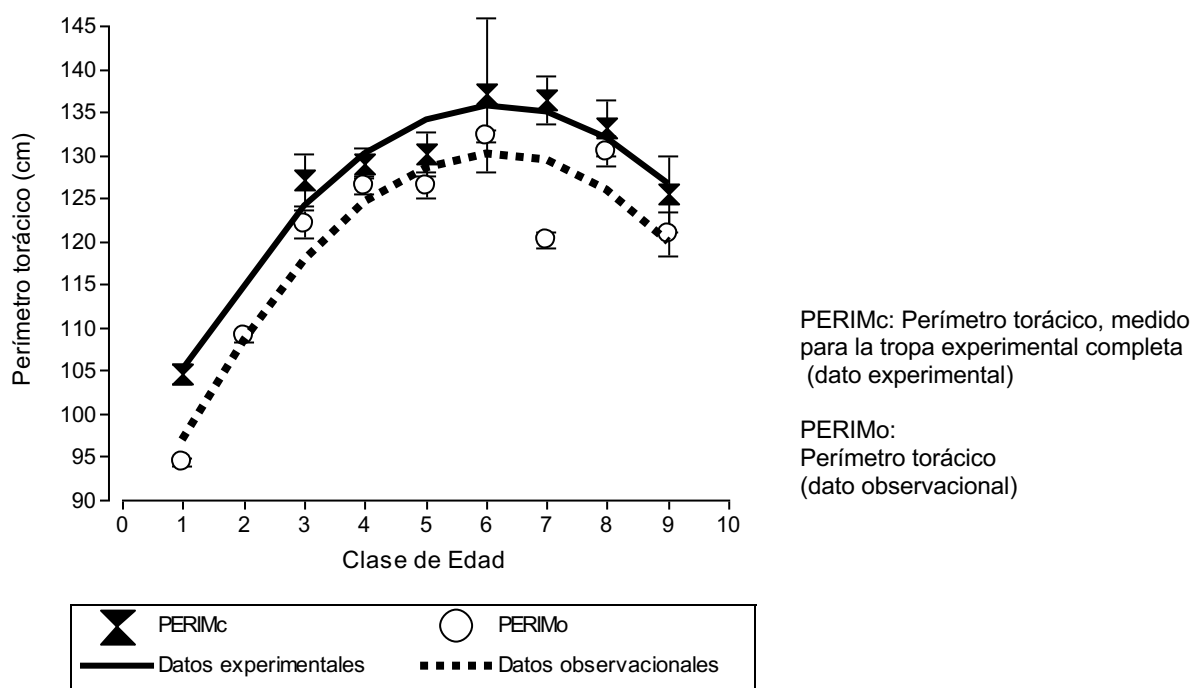
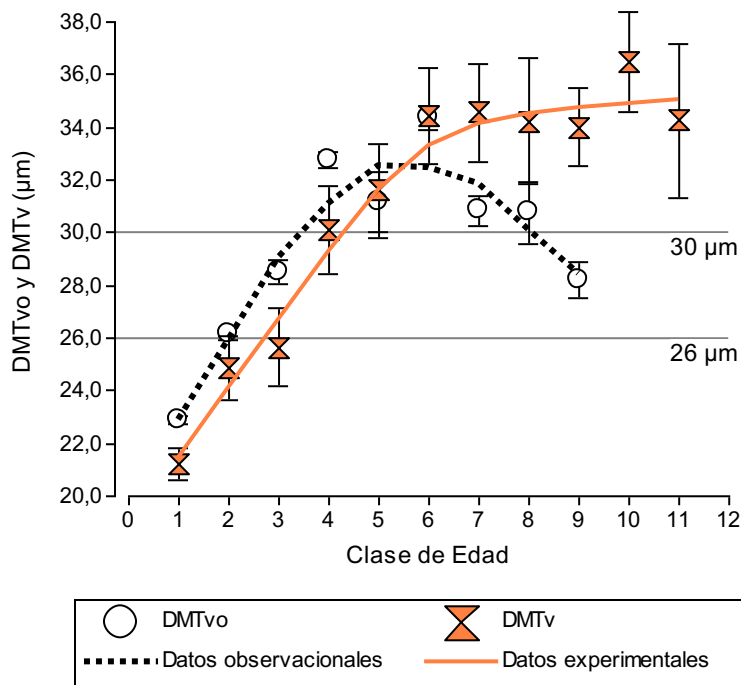


Figura 25: Modificación del PERIMc y PERIMo con la clase de edad (Animales experimentales y observacionales)

La curva de DMTv de la Figura 26 es la misma que la de la Figura 8. Asimismo, las curvas de DMA, DMF, DMI, DMC y DMG de la Figura 27 son idénticas a la Figura 17.



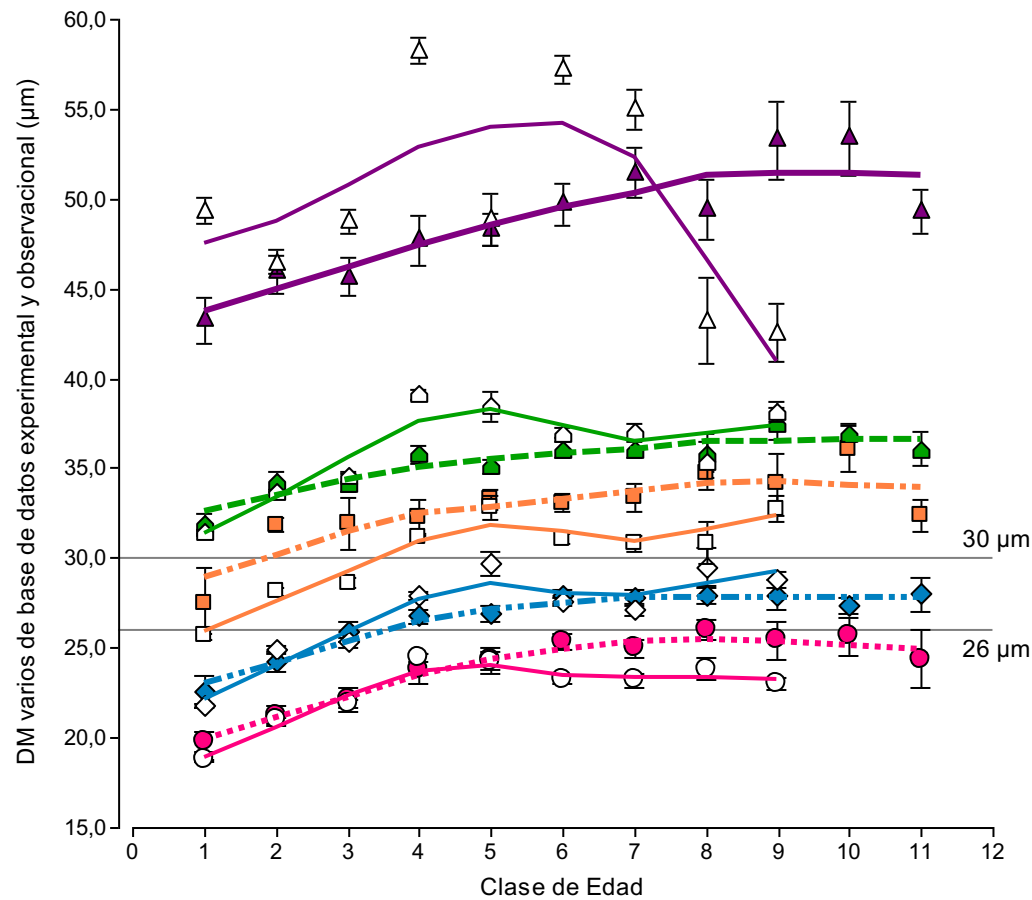
DMTv:		D	D	D	D	D	D				
		C	C	C	C	C	C			C	
		B	B								
	A	A	A								
DMTvo:											
		D	D	D	D	D	D				
		C	C		C	C	C				
	B	B						B			
A											
Clase de Edad:											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Test de Kruskal Wallis:  
Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones ( $p < 0,05$ )

DMT: Diámetro medio total  
DMTv: DMT medido para una muestra extraída del vellón, animales experimentales  
DMTvo: DMT medido para vellón completo, animales observacionales

Figura 26: Modificación del DMTv y DMTvo con la clase de edad (Animales experimentales y observacionales)





Animales experimentales:

- DMA: DM de las fibras ameduladas, dato experimental
- DMF: DM de fibras de médula fragmentada, dato experimental
- DMI: DM de fibras de médula interrumpida, dato experimental
- DMC: DM de fibras de médula continua, dato experimental
- DMG: DM de fibras de médula gruesa, dato experimental

Animales observacionales:

- DMAvo: DM de las fibras ameduladas, dato observacional
- DMFvo: DM de fibras de médula fragmentada, dato observacional
- DMivo: DM de fibras de médula interrumpida, dato observacional
- DMCvo: DM de fibras de médula continua, dato observacional
- DMGvo: DM de fibras de médula gruesa, dato observacional



Figura 27: Modificación del DM varios según tipo de fibra con la clase de edad (Animales experimentales y observacionales)

## **2. Efecto del descordado sobre la estructura de fibra de llama**

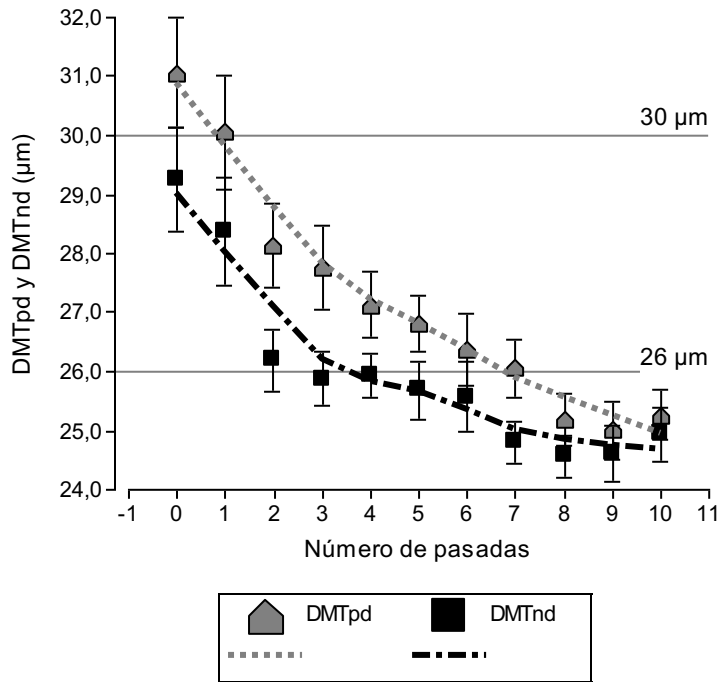
### **2.1. Diámetro medio total y diámetro medio según grupos de fibra (GF)**

La Figura 28 muestra el efecto del descordado que produce la reducción del diámetro medio total (DMT) que se logra a través del procesamiento de descordado, representado por el DMT del producto ponderado por peso (DMT<sub>pd</sub>) y el DMT ponderado por frecuencia de fibra (DMT<sub>nd</sub>). Ambas tendencias son curvilíneas, o sea que no es una curva lineal, sino posiblemente cuadrática. La curva baja más marcadamente al principio y, en un punto dado, se estabiliza en un mínimo.

La curva de DMT<sub>nd</sub> se repite en la Figura 29 y en este gráfico es acompañada por el DMT del subproducto (DMT<sub>ns</sub>). La curva del DMT del producto (DMT<sub>nd</sub>) representa el proceso real del descordado con sus sucesivas pasadas, ya que el producto de una pasada por la máquina descordadora (AM2) es la materia prima para la siguiente pasada. En el diagrama de flujo de la Figura 7, esto está representado con las flechas que muestran el procesamiento de descordado. Este comienza con el vellón entero, pasa por la AM2 formando el Producto 1, pasa por la AM2 nuevamente, etc. y termina en el Producto 10. En cambio, el subproducto pertenece estrictamente a cada pasada, ya que no se sigue procesando y solamente el producto se sigue procesando en las sucesivas pasadas.

El conjunto de 16 vellones procesados tiene un DMT<sub>nd</sub> de 29,3  $\mu\text{m}$  al inicio y se logra un DMT<sub>nd</sub> de 25,9  $\mu\text{m}$  después de las primeras 3 pasadas por la AM2, tocando el umbral de los 26  $\mu\text{m}$  (Figura 29). Con las sucesivas pasadas se logra reducir aún más el DMT<sub>nd</sub> logrando un valor de 24,9  $\mu\text{m}$  después de la pasada 10. El DMT del subproducto (DMT<sub>ns</sub>) es notablemente más alto.

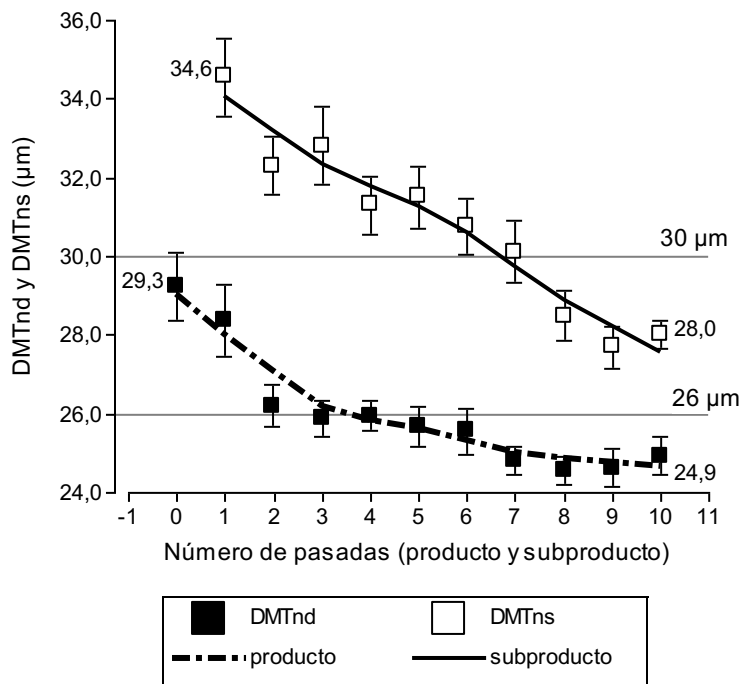
En la Figura 30 se repite la curva del DMT<sub>nd</sub> y se muestra cómo este se puede desglosar en las curvas de los DM de cada uno de los 3 GF del producto (DM1<sub>d</sub>, DM2<sub>d</sub> y DM3<sub>d</sub>). En la Figura 31 se repiten DM1<sub>d</sub>, DM2<sub>d</sub> y DM3<sub>d</sub> y se acompañan por los DM de los 3 GF del subproducto (DM1<sub>s</sub>, DM2<sub>s</sub> y DM3<sub>s</sub>). En este gráfico se puede observar cómo se produce el efecto del descordado al separar el vellón completo en el producto y el subproducto. Por ejemplo, para el grupo de fibras gruesas (GF1) el DM del vellón completo (DM1<sub>d</sub>: 46,7  $\mu\text{m}$ ) se separa en dos DM: por un lado, se reduce al DM del producto (DM1<sub>d</sub>: 45,2  $\mu\text{m}$ ) y, por otro lado, aumenta al DM del subproducto (DM1<sub>s</sub>: 49,1  $\mu\text{m}$ ).



DMTpd:										
A	A	A								
	B	B	B							
		C	C	C	C					
			D	D	D	D				
						E	E	E	E	E
DMTnd:										
A	A									
	B	B			B					
		C	C	C	C	C	C			C
						D	D	D	D	D
Número de pasadas:										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Test de Kruskal Wallis:  
 Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones ( $p < 0,05$ )  
 DMT: Diámetro medio total  
 DMTpd: DMT ponderado por el peso de los 3 GF  
 DMTnd: DMT ponderado por la frecuencia de fibra en los 3 GF

Figura 28: Modificación del DMTpd y DMTnd con las sucesivas pasadas – producto (Fibra del proceso de descerchado)



DMTns:										
A	A	A	A	A						
	B	B	B	B	B					
			C	C	C	C				
					D	D	D			
						E	E			E
							F	F		F
DMTnd:										
A	A									
	B	B			B					
		C	C	C	C	C	C			C
						D	D	D	D	D
Número de pasadas:										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Test de Kruskal Wallis:  
 Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones ( $p < 0,05$ )  
 DMT: Diámetro medio total  
 Producto:  
 DMTnd: DM total ponderado por la frecuencia de fibra en los 3 GF  
 Subproducto:  
 DMTns: DM total ponderado por la frecuencia de fibra en los 3 GF

Figura 29: Modificación del DMTnd y DMTns con las sucesivas pasadas – producto y subproducto (Fibra del proceso de descerchado)

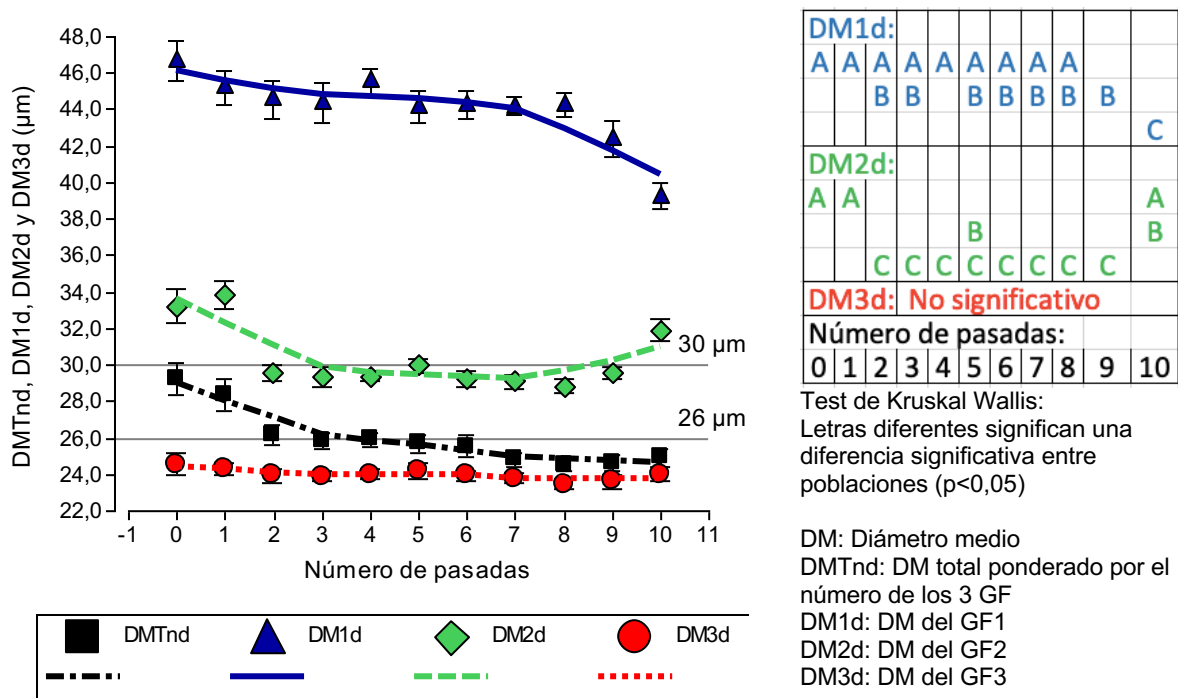


Figura 30: Modificación del DM, según GF, y DMTn con las sucesivas pasadas – producto (Fibra del proceso de descerdao)

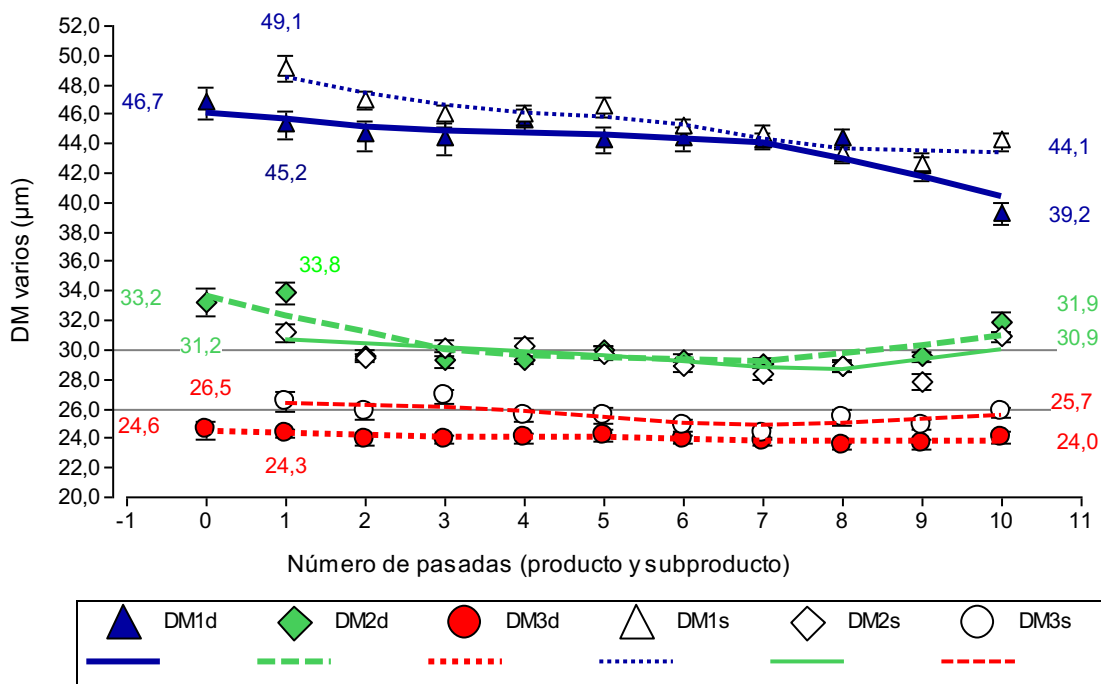


Figura 31: Modificación del DM, según GF, con las sucesivas pasadas – producto y subproducto (Fibra del proceso de descerdao)

Producto: DM1d: DM del GF1  
DM2d: DM del GF2  
DM3d: DM del GF3

Subproducto: DM1s: DM del GF1  
DM2s: DM del GF2  
DM3s: DM del GF3

Esta diferencia del DM entre el producto y el subproducto es acompañada por una diferencia en la frecuencia de fibra relativa del producto y del subproducto, que baja del valor del vellón

completo (N%1d: 17%) al valor del producto (N%1d: 14%) y sube al valor del subproducto (N%1s: 36%), tal como se ve en la Figura 37. Así se logra la reducción del DMTnd que muestra la Figura 29 y, además, el efecto del descerclado se produce también para las fibras intermedias (GF2) y finas (GF3). Con cada pasada por la AM2 se logra acentuar lo descrito para la primera pasada y queda abierto evaluar con cuántas pasadas se logra el producto deseado. En la Figura 32 se ejemplifica cómo leer los gráficos que incluyen datos del producto y del subproducto al mismo tiempo, por lo cual se puede diferenciar la composición diferente del producto y subproducto y, por lo tanto, sus respectivas estructuras de fibra.

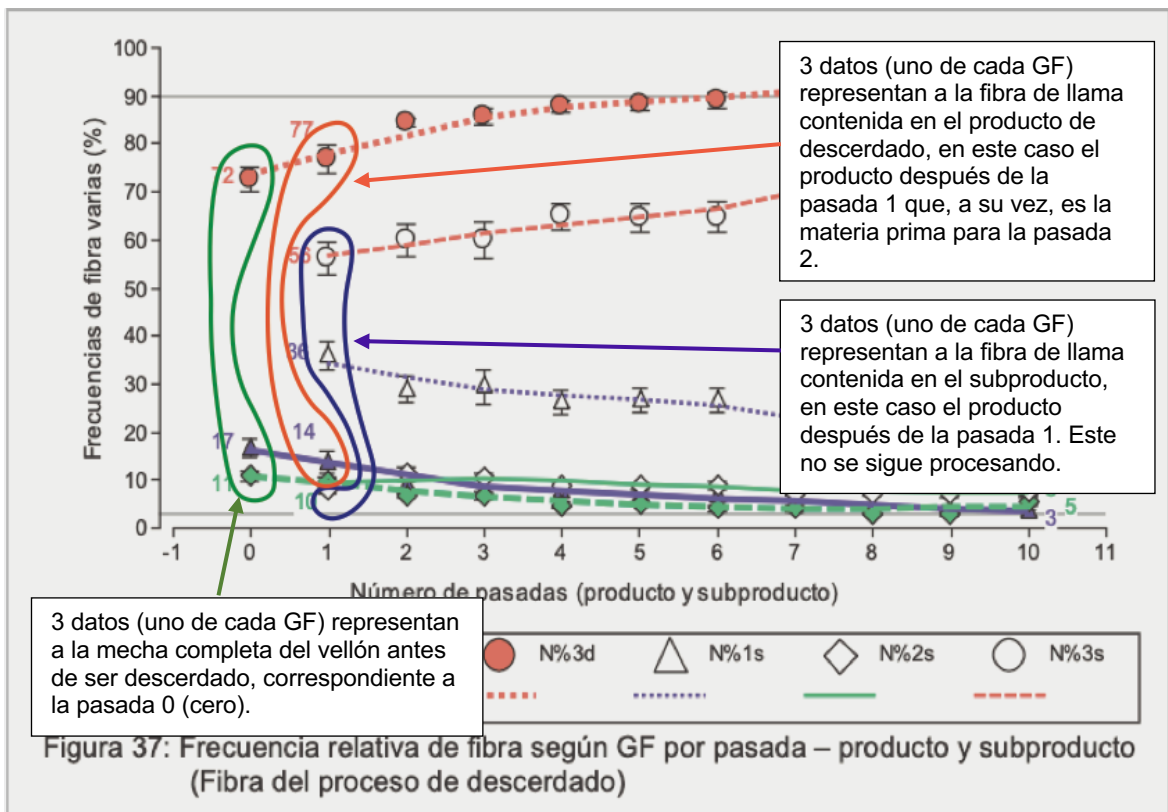
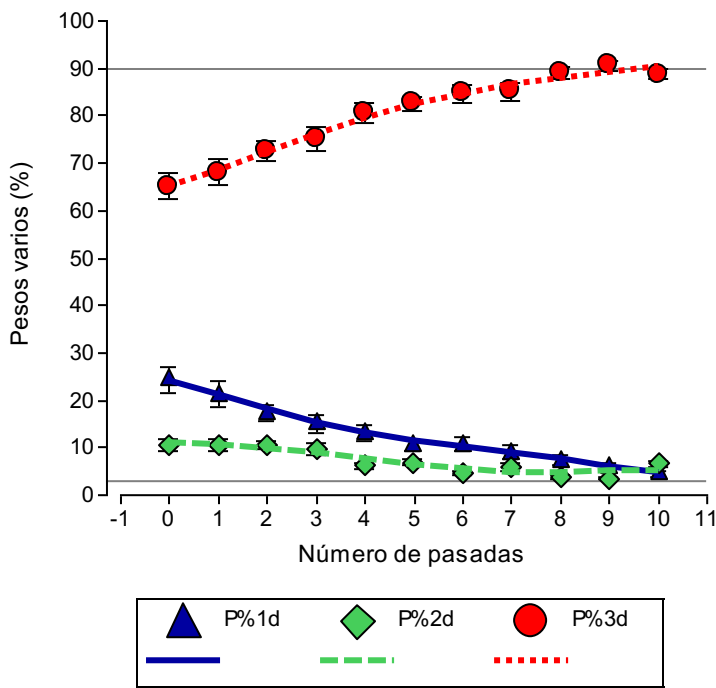


Figura 32: Ejemplo de la cantidad de datos que describen a fibra de llama para el caso de la mecha completa antes de ser descerclado y después de la pasada 1



P%3d:										
								E	E	E
							D	D	D	
							C	C	C	
							B	B	B	
A	A	A	A							
P%1d:										
A	A	A								
		B	B	B						
			C	C	C					
				D	D	D	D			
					E	E	E	E		
						F	F	F	F	
								G	G	G
									H	H
										H
P%2d:										
A	A	A	A							
				B		B				B
					C	C		C		C
						D	D	D		D
							E	E	E	
Número de pasadas:										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

GF: Grupo de fibra  
P%1d: Peso relativo de GF1  
P%2d: Peso relativo de GF2  
P%3d: Peso relativo de GF3

Test de Kruskal Wallis:  
Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones ( $p < 0,05$ )

Figura 33: Modificación del peso relativo, según GF, con las sucesivas pasadas – producto (Fibra del proceso de descerdado)

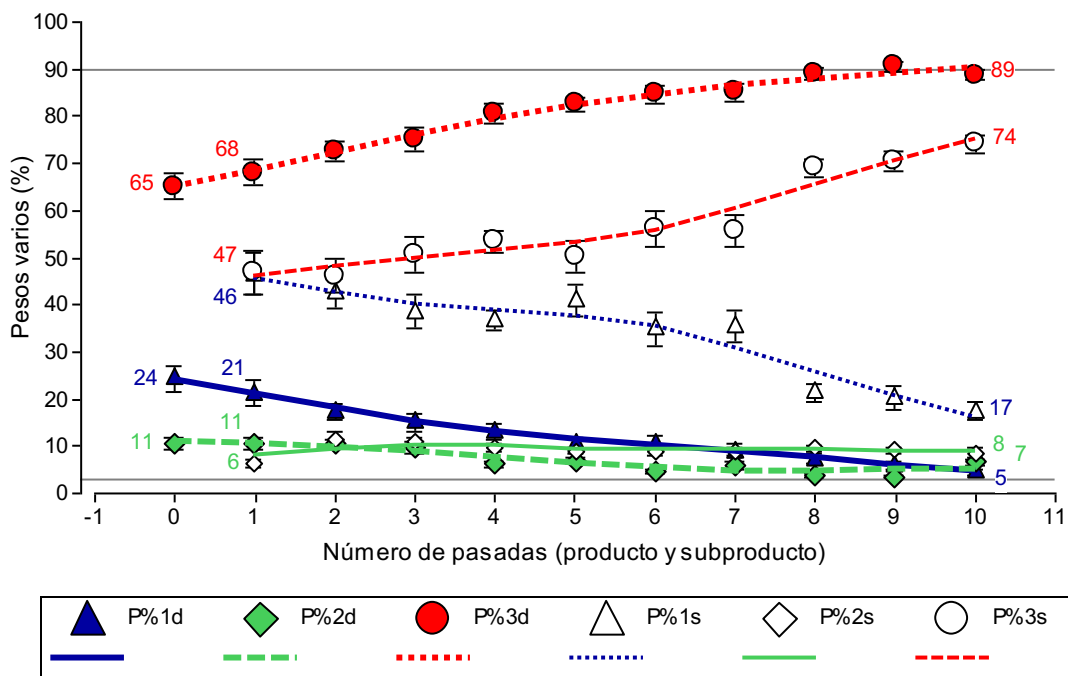


Figura 34: Modificación del peso relativo, según GF, con las sucesivas pasadas – producto y subproducto (Fibra del proceso de descerdado)

Producto: P%1d: Peso relativo de GF1  
P%2d: Peso relativo de GF2  
P%3d: Peso relativo de GF3

Subproducto: P%1s: Peso relativo de GF1  
P%2s: Peso relativo de GF2  
P%3s: Peso relativo de GF3

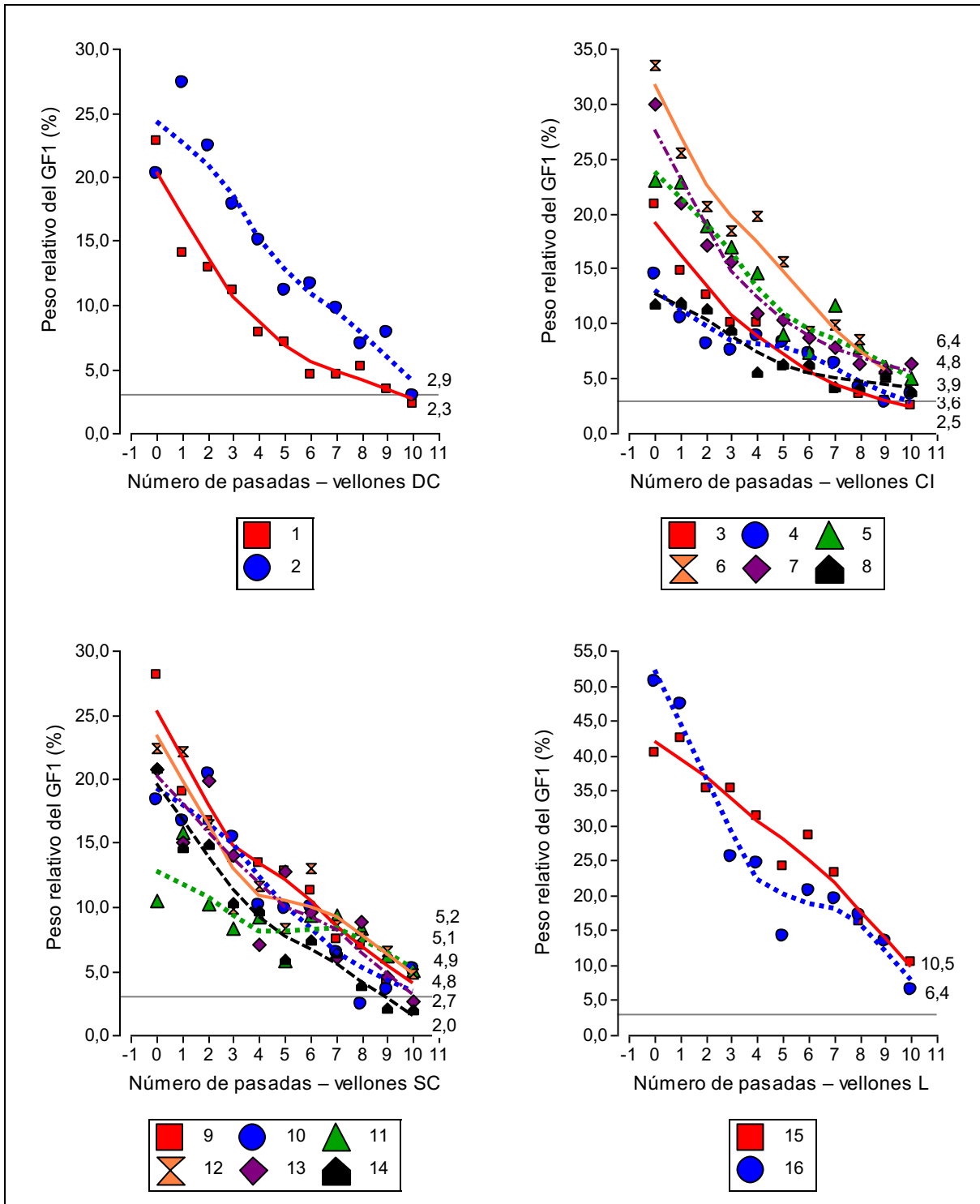
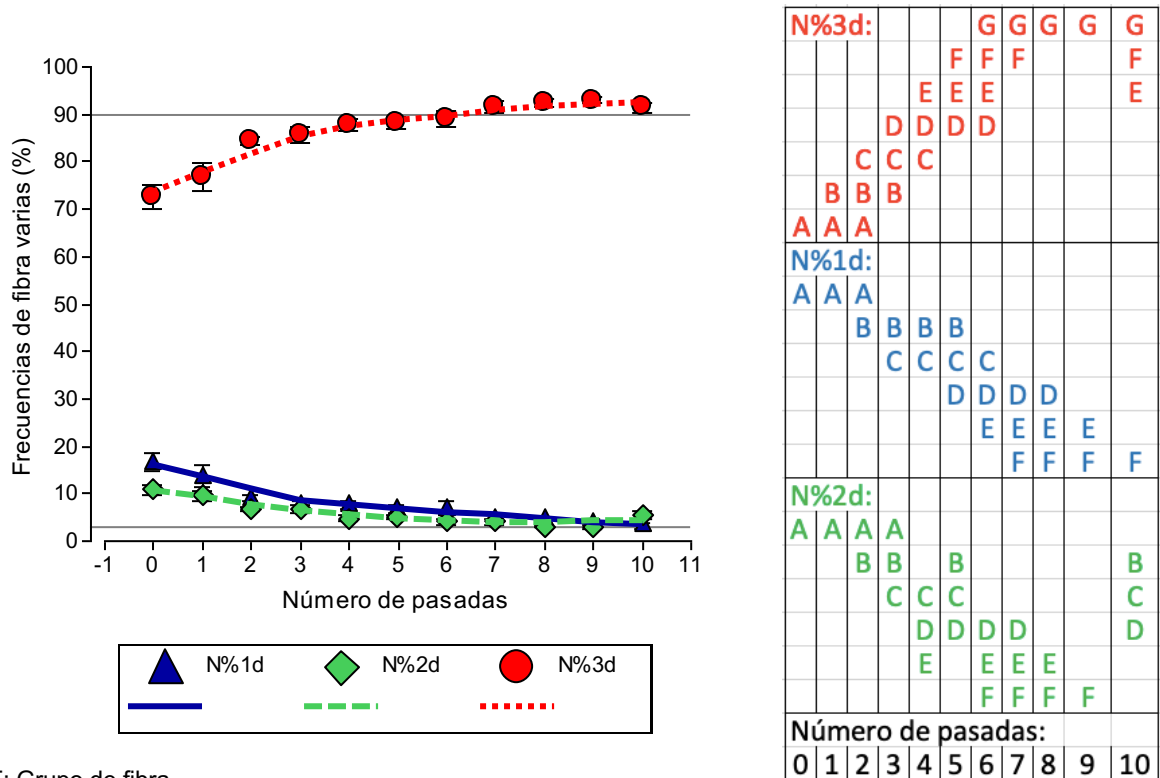


Figura 35: Modificación del peso relativo del GF1 (P%1d) de diferentes vellones, con las sucesivas pasadas, graficado para cada tipo de vellón por separado – producto (Fibra del proceso de descordado)

En la Figura 35, cada curva representa a un sólo vellón, o sea que se grafica a cada uno de los 16 vellones procesados en el ensayo de descordado por separado. Se muestran solamente los datos del GF de las fibras gruesas (GF1) u objetables y, según cada uno de los cuatro gráficos, se diferencia el TV. El peso relativo del GF1 del producto (P%1d) muestra un comportamiento relativamente parecido para los vellones DC, CI y SC, con un acercamiento

hasta el umbral del 3%, mientras que los 2 vellones de TV Lustre tienen un P%1d más elevado y hasta la pasada 10 no logra acercarse al umbral del 3%.



GF: Grupo de fibra  
 N%1d: Frecuencia de fibra relativa de las fibra de GF1  
 N%2d: Frecuencia de fibra relativa de las fibra de GF2  
 N%3d: Frecuencia de fibra relativa de las fibra de GF3

Test de Kruskal Wallis:  
 Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones (p<0,05)

Figura 36: Modificación de la frecuencia de fibra relativa, según GF, con las sucesivas pasadas – producto (Fibra del proceso de descerdado)

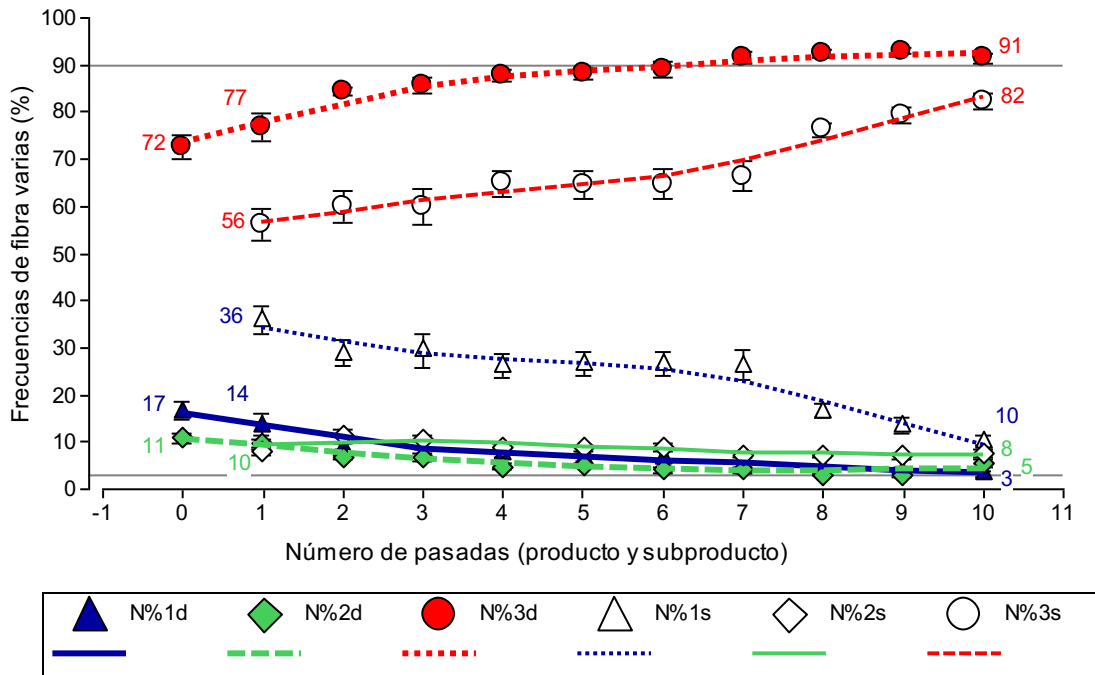


Figura 37: Modificación de la frecuencia de fibra relativa, según GF, con las sucesivas pasadas – producto y subproducto (Fibra del proceso de descerdado)

Producto: N%1d: Frecuencia de fibra relativa de GF1  
 N%2d: Frecuencia de fibra relativa de GF2  
 N%3d: Frecuencia de fibra relativa de GF3  
 Subproducto: N%1s: Frecuencia de fibra relativa de GF1  
 N%2s: Frecuencia de fibra relativa de GF2  
 N%3s: Frecuencia de fibra relativa de GF3



La Figura 38 grafica las fibras gruesas (GF1). Cada curva representa a un solo vellón, igual que en la Figura 35, y se puede constatar lo mismo respecto a las diferencias según TV: los vellones DC, CI y SC muestran comportamientos parecidos el cual es diferente para el vellón L.

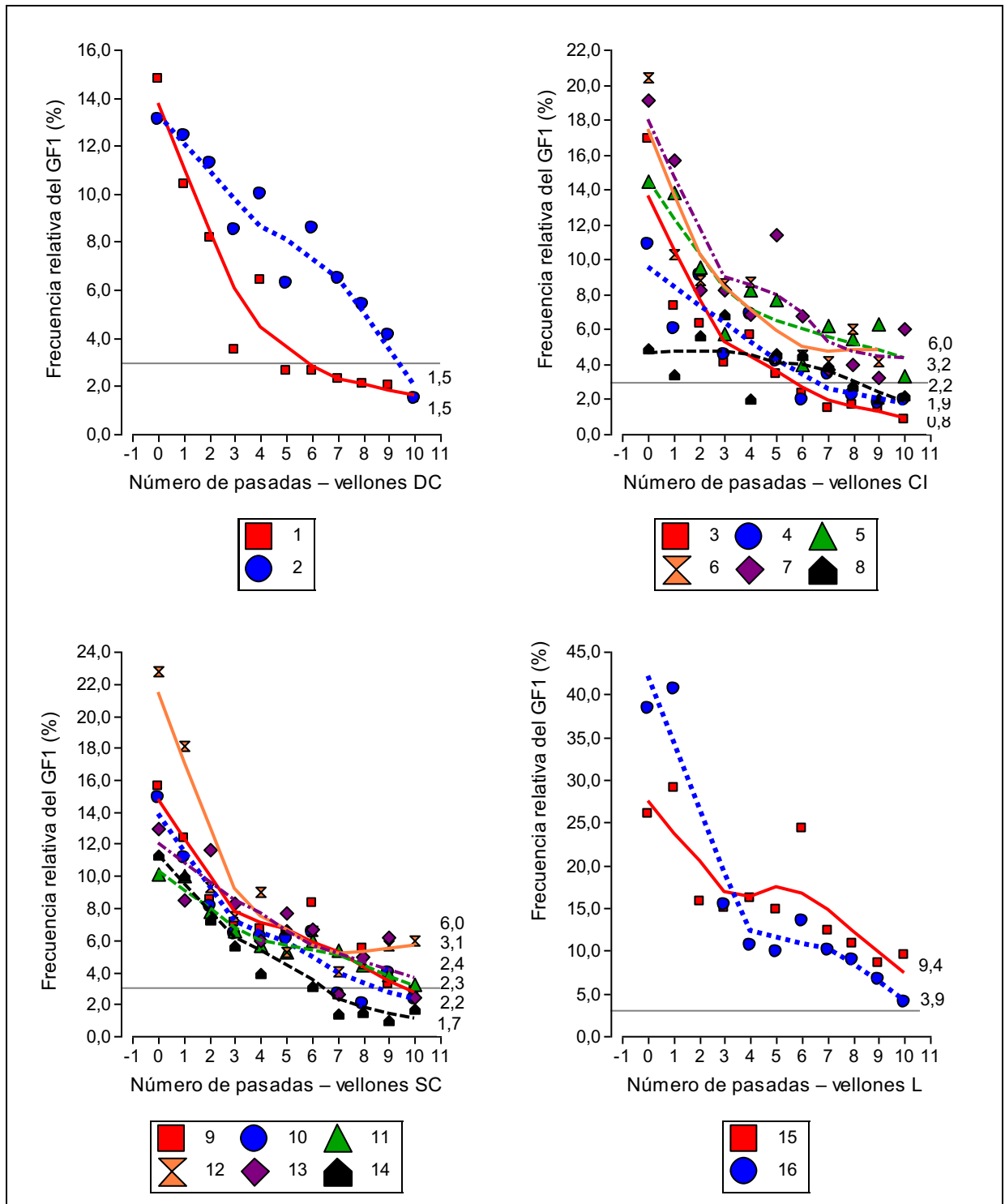


Figura 38: Modificación de la frecuencia de fibra relativa del GF1 (N%1d) de diferentes vellones, con las sucesivas pasadas, graficado para cada tipo de vellón por separado – producto (Fibra del proceso de descerdao)

Tabla 3 complementa la información de las Figuras 35 y 38, también diferenciando según TV. La última columna muestra el valor mínimo (para GF1 y GF2) y máximo (para GF3) según la primera derivada de una ecuación polinómica. La penúltima columna muestra el número de las pasadas del descordado en la cual se alcanza ese mínimo o máximo para cada GF, tomando dos variables que representan las fibras objetables, por el peso relativo y por la frecuencia de fibra relativa.

En todos los casos la ordenada al origen (constante) es muy significativa o altamente significativa ( $p < 0.01$  o  $p < 0.001$ ), lo cual es muy importante porque el valor de la ordenada al origen es el valor real del contenido de fibra gruesa en la muestra original no descordada ( $X=0$ ). En todos los casos se posee también el error estándar de la estima, lo cual permite establecer el intervalo de confianza (muy importante para el punto 3.10) y el error relativo que fluctuó entre el 10% (aceptable) y 20% (admisible) (Di Rienzo, 2015), con algunos casos por debajo del 10%.

La pendiente lineal resultó significativa para las dos variables en todos los tipos de vellón y todos los GF, con la excepción de GF2, P% para el tipo de vellón L, donde no se verificaron diferencias de cero. También aquí se verificó el error relativo y fluctuó entre el 5 al 21%, resultando más alto en la constante no significativa (P% de los GF2).

La constante que corresponde a la pendiente curvilínea (cuadrática) presenta un comportamiento variable de acuerdo lo previsto. No es significativo en P% en los 3 GF del tipo de vellón DC, en N% del GF2 del tipo de vellón L, además de en P% de los 3 GF del mismo tipo de vellón. El valor de la pendiente cóncava es variable en magnitud, lo cual indicaría que no siempre existe un cambio de concavidad y el error estándar relativo fluctúa entre 12 a 25%.

El coeficiente de determinación (ajustado al n) es alto a muy alto en todos los tipos de vellón y GF con la excepción del GF2 que muestra fluctuación importante. El valor de P% es siempre más alto que N% en todos los GF1 y GF2 y menor en GF3, comportamiento ya verificado en los anteriores análisis.

Tabla 3: Reducción o aumento del peso relativo o frecuencia de fibra relativa mediante el descordado, según GF, para cada TV (Fibra del proceso de descordado – producto)

TV	GF	Variable	Constante	b	b <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Pasada	Valor mín/máx
DC	GF1	P%1d	22,02***	-3,25***	0,14 <sup>ns</sup>	0,75	12	3,18%
		N%1d	13,05***	-2,08**	0,10*	0,77	10	2,25%
	GF2	P%2d	14,05***	-1,82*	0,08 <sup>ns</sup>	0,43	11	3,71%
		N%2d	13,00**	-2,65**	0,17**	0,64	8	2,68%
	GF3	P%3d	66,91***	5,06***	-0,20 <sup>ns</sup>	0,70	10	97,51%
		N%3d	77,84***	4,83***	-0,27***	0,76	9	99,44%
CI	GF1	P%1d	20,71***	-3,33***	0,16**	0,67	10	3,41%
		N%1d	12,57***	-2,32***	0,14***	0,58	8	2,97%
	GF2	P%2d	9,20***	-1,25***	0,07*	0,37	9	3,62%
		N%2d	8,78***	-1,74***	0,12***	0,40	7	2,48%
	GF3	P%3d	73,15***	4,69***	-0,23**	0,71	10	97,05%
		N%3d	82,74***	4,25***	-0,27***	0,57	8	99,46%
SC	GF1	P%1d	19,52***	-2,73***	0,12**	0,75	11	4,01%
		N%1d	13,53***	-2,42***	0,14***	0,74	9	3,09%
	GF2	P%2d	12,36***	-1,78***	0,1**	0,42	9	4,44%
		N%2d	9,93***	-1,77***	0,11***	0,61	8	2,81%
	GF3	P%3d	71,02***	4,65***	-0,21***	0,79	11	96,76%
		N%3d	80,23***	4,43***	-0,27***	0,82	8	98,39%
L	GF1	P%1d	44,70***	-5,36***	0,18 <sup>ns</sup>	0,69	15	4,82%
		N%1d	31,67***	-5,24***	0,28*	0,62	9	7,19%
	GF2	P%2d	11,48***	-0,66 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,12	17	6,04%
		N%2d	14,62***	-2,00***	0,12 <sup>ns</sup>	0,54	8	6,30%
	GF3	P%3d	44,04***	6,12***	-0,19 <sup>ns</sup>	0,88	16	93,32%
		N%3d	54,71***	7,73***	-0,43***	0,69	9	89,45%

Pasada: resultado de la primera derivada de la ecuación polinómica que indica la pasada que tiene el valor mínimo/máximo alcanzable.

Valor mín/máx: valor de la pendiente que corresponde a ese mínimo/máximo.

ns: No significativo ( $p > 0,05$ ); \* Significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* Significativo ( $p < 0,01$ ); \*\*\* Significativo ( $p < 0,001$ )

TV: Tipo de vellón  
DC: Doble Capa  
CI: Capa Intermedia  
SC: Simple Capa  
HL: Hemi Lustre  
L: Lustre

GF: Grupo de fibra  
GF1: Fibras gruesas  
GF2: Fibras intermedias  
GF3: Fibras finas

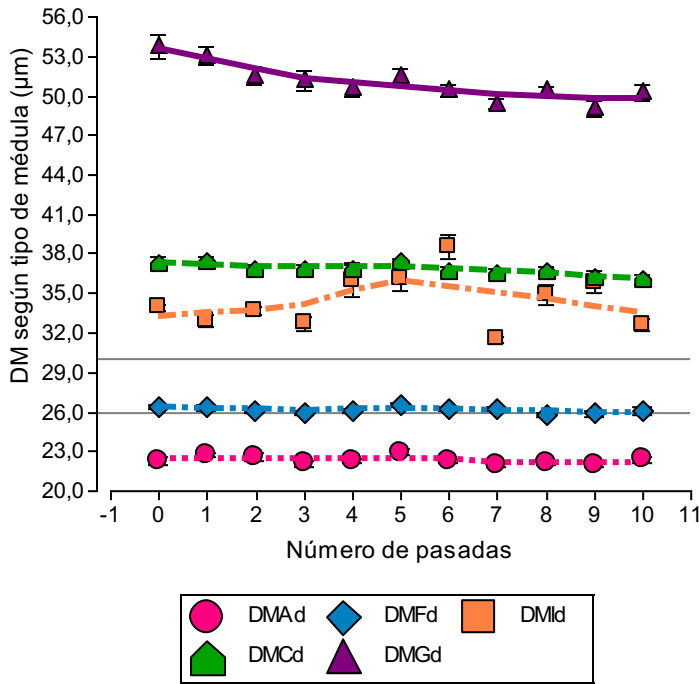
P%1d: Peso relativo de GF1  
P%2d: Peso relativo de GF2  
P%3d: Peso relativo de GF3  
N%1d: Frecuencia de fibra relativa de GF1  
N%2d: Frecuencia de fibra relativa de GF2  
N%3d: Frecuencia de fibra relativa de GF3

## 2.2. Diámetro medio según tipo de fibra

Las Figuras 39 y 40 muestran el DM y el N% según tipo de fibra y, de esa manera, revela el efecto del descordado explicado según esos 5 grupos de fibra que componen la mecha completa. Se ve claramente que el efecto del descordado pasa principalmente por separar los tipos de fibra entre sí, o sea reducir el porcentaje de fibras gruesas en el producto (N%Cd y N%Gd), más que por reducir el DM de cada uno de esos tipos de fibra. El KW no da significativo para el DM de los diferentes tipos de fibra, con excepción de las fibras de médula interrumpida (DMId). De todas maneras, el resultado de este tipo de fibras no se incluye en la Figura 39, porque no muestra una lógica congruente y el “sube y baja” de la curva debe tener más que ver con un problema de identificación de ese tipo de fibra al realizar el método de microproyección. Además, su frecuencia (N%Id) es muy reducida, ya que se mueve entre 1,1 y 0,0%, o sea que no es incluida en la discusión por no tener la capacidad de influenciar la estructura de fibra.

El único tipo de fibra que muestra una reducción en el DM es el de las fibras de médula gruesa (DMGd). Esto confirma que las fibras más gruesas separadas al inicio del descordado son las fibras más gruesas de todas las contenidas en la fibra y, a lo largo de las sucesivas pasadas, las fibras más gruesas separadas son un poco menos gruesas. Igualmente, las pocas fibras que permanecen en el producto son claramente objetables por tener un grosor de alrededor de 50  $\mu\text{m}$ . Esto significa que es fundamental verificar cuántas de estas fibras permanecen en el producto (N%Gd en Figura 40). N%Gd se reduce claramente por debajo del valor umbral de 3%. Se acerca a ese umbral al finalizar la segunda pasada (3,8%) y lo pasa al finalizar la quinta pasada (2,6%). Luego, sigue bajando hasta llegar a 0,9% después de la pasada 10. Las fibras de médula continua también reducen su porcentaje de manera notoria, pero muestran un comportamiento menos satisfactorio, ya que su porcentaje se estabiliza en un valor por encima del umbral del 3%, con un valor mínimo del 5,4% al finalizar la pasada 7.

Figura 39 y Figura 40 representan los datos del producto de descordado en su conjunto, mientras que los datos de la Figura 41 y Figura 42 grafican los tres GF contenidos en el producto por separado. Esto es importante resaltarlos, porque significa que Figura 39 y Figura 40 expresan las características de un conjunto de fibras que existe en la realidad del procesamiento textil, precisamente por representar el producto que es generado por implementar el procesamiento de descordado, y a diferencia de esto, lo graficado en las Figuras 41 y 42 que muestra la información de los tres GF (GF1, GF2 y GF3) desglosados, solamente existe por disecar el producto y formar estos tres GF. Esto es útil para entender mejor la estructura de fibra del producto y personas dedicadas al procesamiento de fibra pueden implementar la disección para obtener este tipo de información.

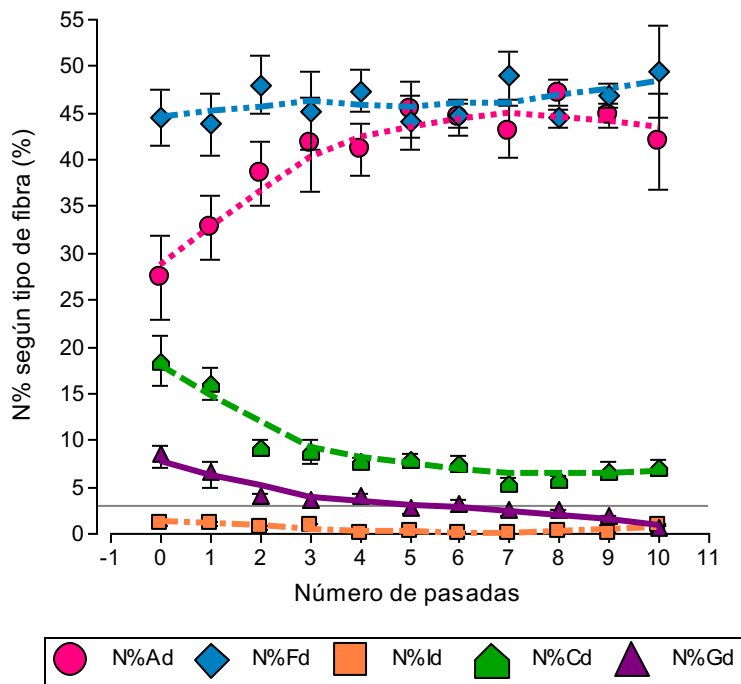


Test de Kruskal Wallis:  
No significativo para DMAd, DMFd, DMCd y DMGd (p>0,05)

(Test de Kruskal Wallis significativo para DMId. Sus resultados no son incluidos debido al N%Id muy reducido de entre 1,1 y 0,0%.)

DM: Diámetro medio  
DMAd: DM de las fibras ameduladas  
DMFd: DM de fibras de médula fragmentada  
DMId: DM de fibras de médula interrumpida  
DMCd: DM de fibras de médula continua  
DMGd: DM de fibras de médula gruesa

Figura 39: Modificación del DM, según tipo de fibra, con las sucesivas pasadas – producto (Fibra del proceso de descerdado)



N%: Frecuencia de fibra relativa  
N%Ad: N% de las fibras ameduladas  
N%Fd: N% de las fibras de médula fragmentada  
N%Id: N% de las fibras de médula interrumpida  
N%Cd: N% de las fibras de médula continua  
N%Gd: N% de las fibras de médula gruesa

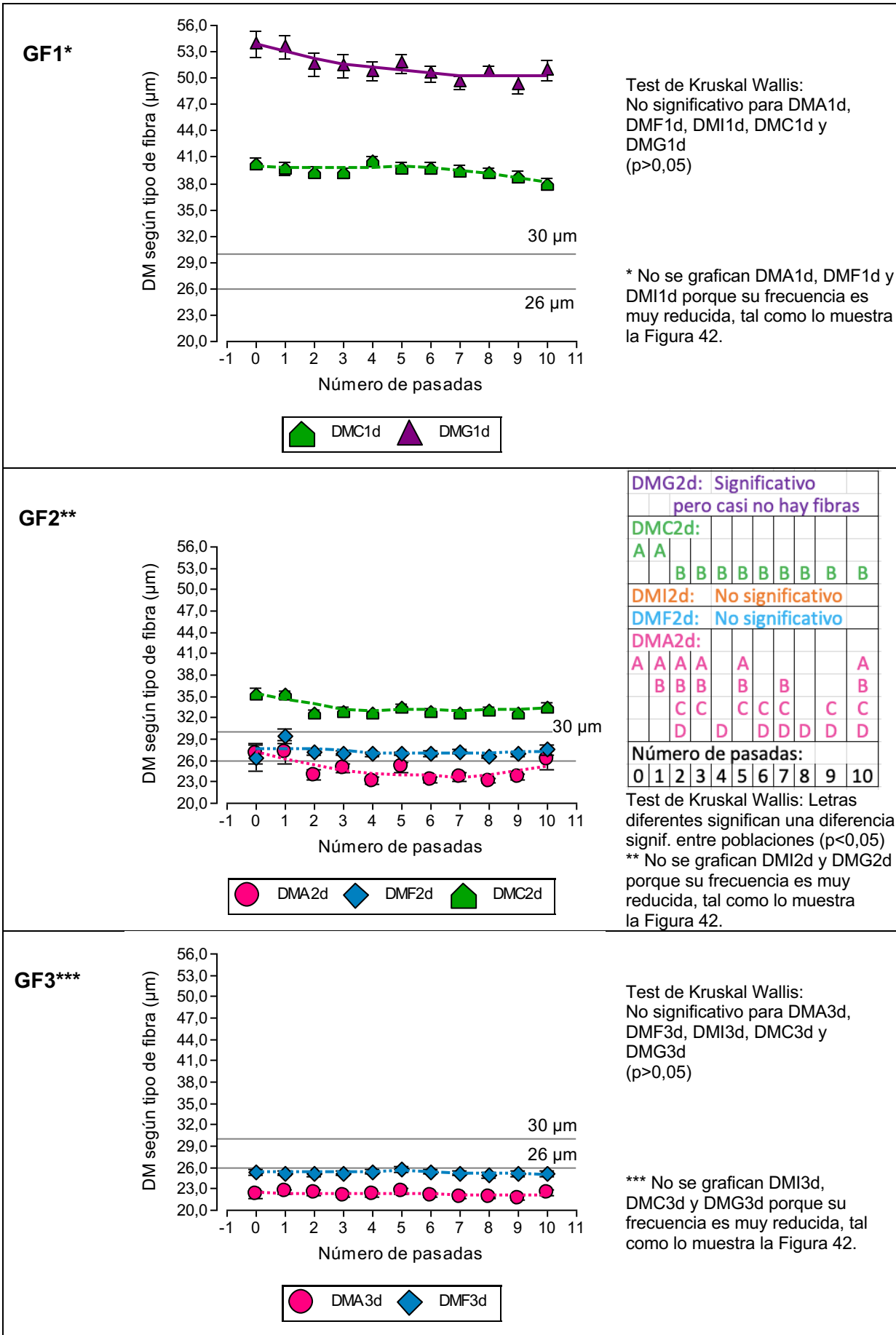
Figura 40: Modificación de la N%, según tipo de fibra, con las sucesivas pasadas – producto (Fibra del proceso de descerdado)

N%Fd:		No significativo										
N%Ad:												
				C	C	C	C	C	C	C	C	C
			B	B	B		B	B		B	B	B
	A	A	A	A								A
N%Cd:												
	A	A										
			B	B	B	B	B					B
			C	C	C	C	C	C	C	C		C
						D	D	D	D	D		D
N%Gd:												
	A	A			A							
		B	B	B	B							
			C	C	C	C	C					
				D		D	D	D	D			
						E	E	E	E			E
											F	F
N%Id:												
	A	A	A	A								A
			B	B						B		
			C			C			C			
						D	D	D	D	D		
Número de pasadas:												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Test de Kruskal Wallis:  
Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones (p<0,05)

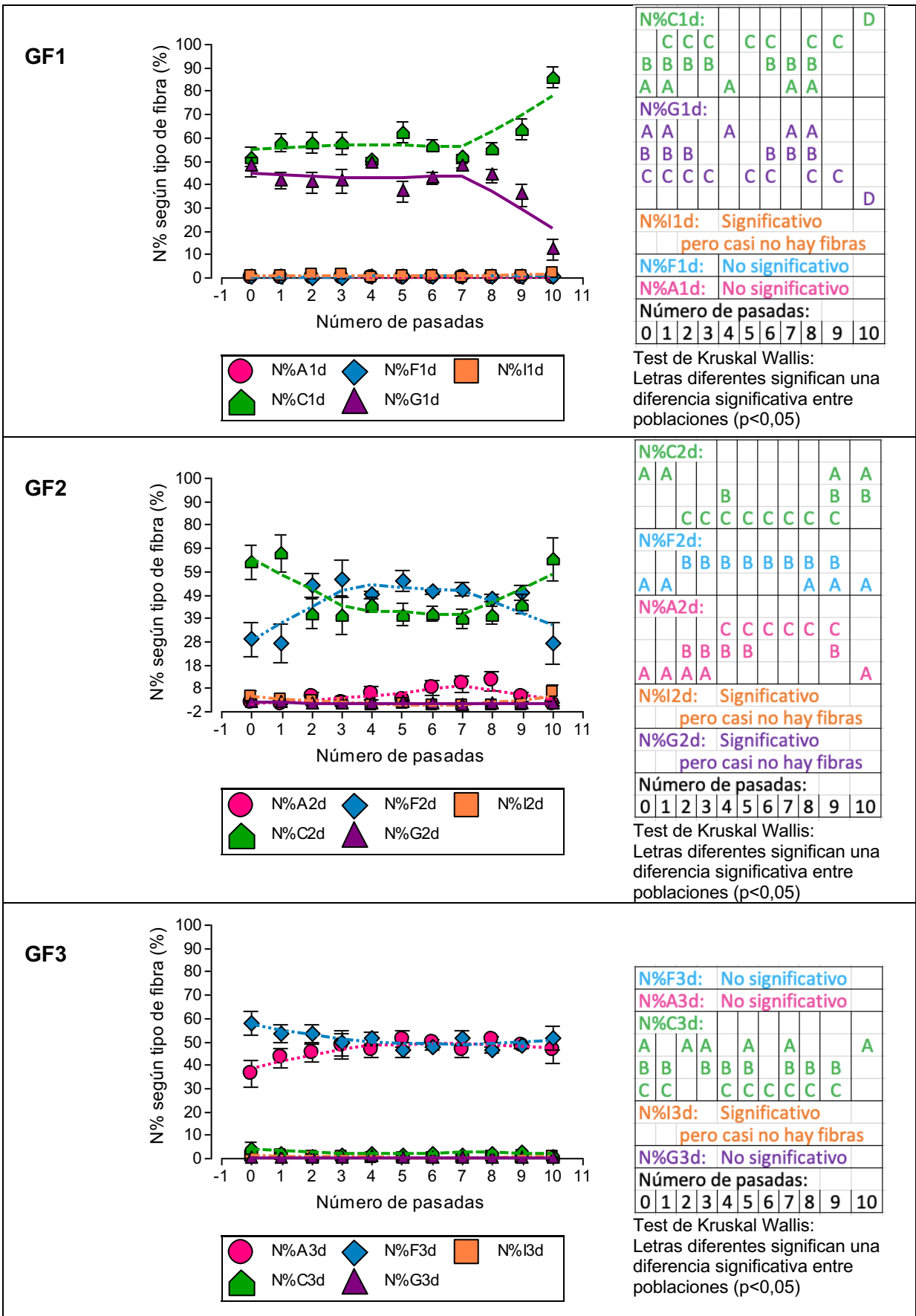
Además, esta explicación apunta a remarcar que en los Subcapítulos 1 y 3 se habla del GF3 como correspondiente al producto de un eventual descordado, lo cual es correcto en ese contexto, porque se parte del vellón completo que puede ser descordado. En cambio en el Subcapítulo 2, esta lógica cambia, porque la información graficada representa al producto directamente (o al subproducto) que se genera por el procesamiento de descordado. O sea que en el contexto de este subcapítulo el GF3 no representa el producto de descordado, sino, simplemente uno de los 3 GF formados por la Disección Tripartita que ayuda a esclarecer la estructura de un lote de fibra que se encuentra dentro del procesamiento textil de descordado.

Para describir la estructura de un lote de fibra se describen las características de los diferentes GF que lo componen, o sea las características de las fibras contenidas en cada uno de los tres GF. Lo explicitado en las Figuras 19 y 20 en relación al conjunto de datos que describen a una mecha de fibra de un vellón, también aplica a una muestra de fibra de llama, que representa a fibra que se encuentra dentro del procesamiento textil de descordado. Adicionalmente a eso, la Figura 32 muestra cómo los datos del vellón, antes de ser descordado, se transforman en los datos del producto y subproducto.



Abreviaciones: Ver página siguiente

Figura 41: Modificación del DM, según tipo de fibra, con las sucesivas pasadas – producto (Fibra del proceso de descerdao)



Abreviaciones: Ver página siguiente

Figura 42: Modificación de la N%, según tipo de fibra, con las sucesivas pasadas, graficado para cada GF por separado – producto (Fibra del proceso de descerchado)



**Abreviaciones de Figura 41:**

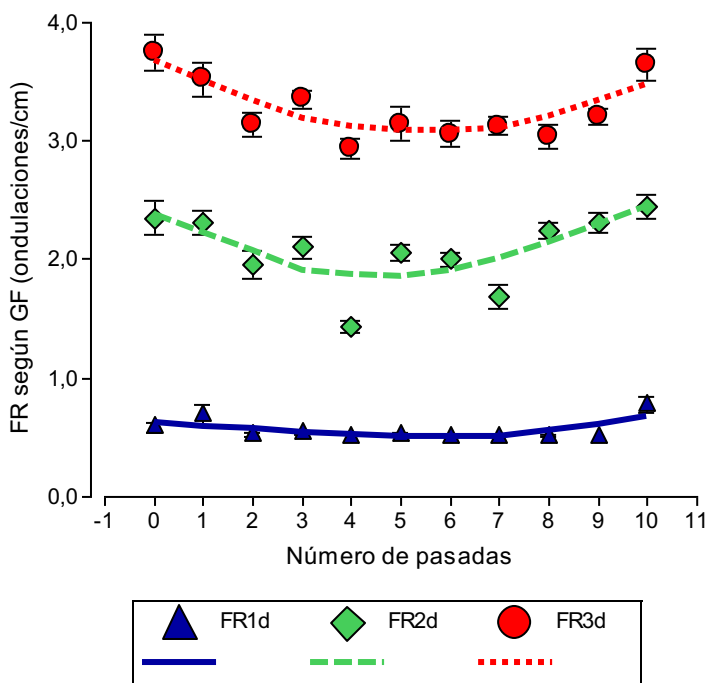
DM: Diámetro medio  
 DMA1d: DM de las fibras ameduladas del GF1  
 DMF1d: DM de fibras de méd. fragmentada del GF1  
 DMI1d: DM de fibras de méd. interrumpida del GF1  
 DMC1d: DM de fibras de médula continua del GF1  
 DMG1d: DM de fibras de médula gruesa del GF1  
  
 DMA2d: DM de las fibras ameduladas del GF2  
 DMF2d: DM de fibras de méd. fragmentada del GF2  
 DMI2d: DM de fibras de méd. interrumpida del GF2  
 DMC2d: DM de fibras de médula continua del GF2  
 DMG2d: DM de fibras de médula gruesa del GF2  
  
 DMA3d: DM de las fibras ameduladas del GF3  
 DMF3d: DM de fibras de méd. fragmentada del GF3  
 DMI3d: DM de fibras de méd. interrumpida del GF3  
 DMC3d: DM de fibras de médula continua del GF3  
 DMG3d: DM de fibras de médula gruesa del GF3

**Abreviaciones de Figura 42:**

N%: Frecuencia de fibra relativa  
 N%A1d: N% de las fibras ameduladas del GF1  
 N%F1d: N% de fibras de médula fragmentada del GF1  
 N%I1d: N% de fibras de médula interrumpida del GF1  
 N%C1d: N% de fibras de médula continua del GF1  
 N%G1d: N% de fibras de médula gruesa del GF1  
  
 N%A2d: N% de las fibras ameduladas del GF2  
 N%F2d: N% de fibras de médula fragmentada del GF2  
 N%I2d: N% de fibras de médula interrumpida del GF2  
 N%C2d: N% de fibras de médula continua del GF2  
 N%G2d: N% de fibras de médula gruesa del GF2  
  
 N%A3d: N% de las fibras ameduladas del GF3  
 N%F3d: N% de fibras de médula fragmentada del GF3  
 N%I3d: N% de fibras de médula interrumpida del GF3  
 N%C3d: N% de fibras de médula continua del GF3  
 N%G3d: N% de fibras de médula gruesa del GF3

**2.3. Frecuencia de rizo**

La Figura 43 muestra una buena diferenciación de los 3 GF según la FR. En relación al GF1 no se observa un efecto del descordado respecto a la frecuencia de rizo (FR1d) y el KW resulta ser no significativo. Las curvas de los GF2 y GF3 muestran un leve efecto del descordado sobre la FR (FR2d y FR3d), pero el resultado del KW no indica una tendencia clara.



<b>FR3d:</b>										
A	A		A						A	
	B		B					B		
		C	C		C	C	C		C	
		D		D	D	D	D	D		
<b>FR2d:</b>										
A	A		A					A	A	
B	B		B		B			B	B	
C	C		C		C	C		C		
		D	D		D	D				
		E			E	E				
			F			F				
<b>FR1d:</b>										
A	A	A	A	A	A	A	A	A		
	B								B	
<b>Número de pasadas:</b>										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Test de Kruskal Wallis:  
 Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones (p<0,05)  
 FR1d: Frecuencia de rizo del GF1  
 FR2d: Frecuencia de rizo del GF2  
 FR3d: Frecuencia de rizo del GF3

Figura 43: Modificación de la FR, según GF, con las sucesivas pasadas – producto (Fibra del proceso de descordado)

## 2.4. Grupos de rizo

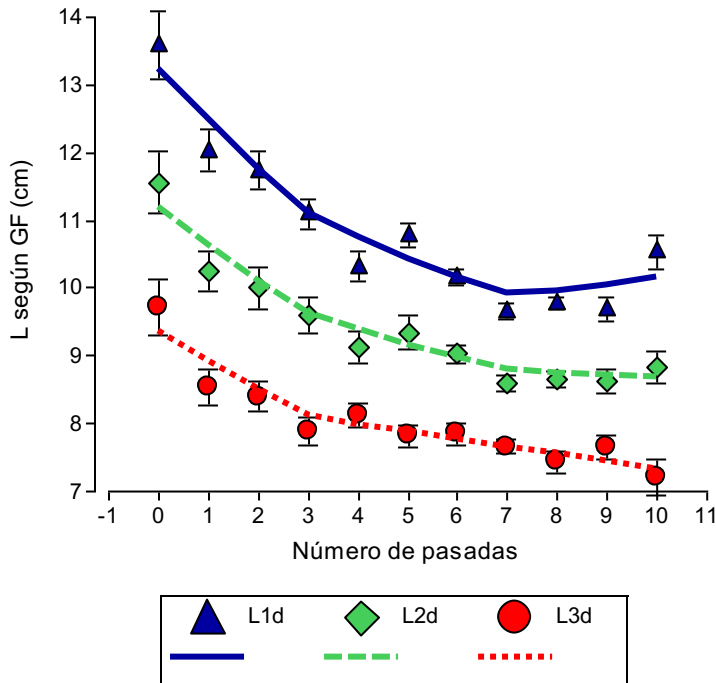
Para el 100% de las fibras analizadas del grupo de fibras gruesas (GF1), el grupo de rizo (GR) pertenece al GR4. En la Tabla 4 se ve que esto es así para todos los tipos de vellón y no se modifica con las sucesivas pasadas. Respecto a los GR2 y GR3, los GR de los diferentes tipos de vellón son parecidos, salvo una tendencia hacia un GR de menor FR para el tipo de vellón L. Por el hecho de que el tipo de vellón L, en este subcapítulo, está representado solamente por un vellón L propiamente dicho y otro vellón HL, la diferencia en relación a los GR no es tan marcada. En el Subcapítulo 1, División 1.4, y el Subcapítulo 3, División 3.4, del capítulo de los resultados, se muestra que los vellones L típicamente contienen más fibras del GR4 en el GF2 e inclusive hay presencia de fibras del GR4 en el GF3.

Tabla 4: GR según GF, para cada TV (fibra en proceso de descordado)

	1	2	3	4	5	6
<b>Producto:</b> Modificación de la presencia de cierto GR mediante el descordado						
	<b>GF1</b>		<b>GF2</b>		<b>GF3</b>	
	GR	Modificación	GR	Modificación	GR	Modificación
<b>DC</b>	solo GR4	Sin	Mucho GR3, algo de GR4	Aumenta GR3	GR2 y GR3, más GR2	Sin
<b>CI</b>	solo GR4	Sin	Mucho GR3, algo de GR4	Aumenta GR3	GR2 y GR3, más GR2	Aumenta GR2
<b>SC</b>	solo GR4	Sin	Mucho GR3, algo de GR4	Aumenta GR3	Mucho GR2, algo de GR3	Aumenta GR2
<b>L</b>	solo GR4	Sin	GR3 y GR4, más GR3	Sin	GR2 y GR3, más GR3	Sin
<b>Subproducto:</b> Modificación de la presencia de cierto GR mediante el descordado						
	<b>GF1</b>		<b>GF2</b>		<b>GF3</b>	
	GR	Modificación	GR	Modificación	GR	Modificación
<b>DC</b>	solo GR4	Sin	Mucho GR4, algo de GR3	Todo GR4	Mucho GR3, algo de GR2	Todo GR3
<b>CI</b>	solo GR4	Sin	Casi solo GR4, un poco de GR3	Sin	Casi solo GR3, un poco de GR2 y GR4	Sin
<b>SC</b>	solo GR4	Sin	Casi solo GR4, un poco de GR3	Sin	Casi solo GR3, un poco de GR4	Sin
<b>L</b>	solo GR4	Sin	Casi solo GR4, un poco de GR3	Todo GR4	Casi solo GR3, un poco de GR2 y GR4	Todo GR3

## 2.5. Largo de fibra

Las Figuras 44 y 45 muestran el largo de fibra durante las sucesivas pasadas en el producto y el subproducto y grafica las diferencias entre los 3 GF.

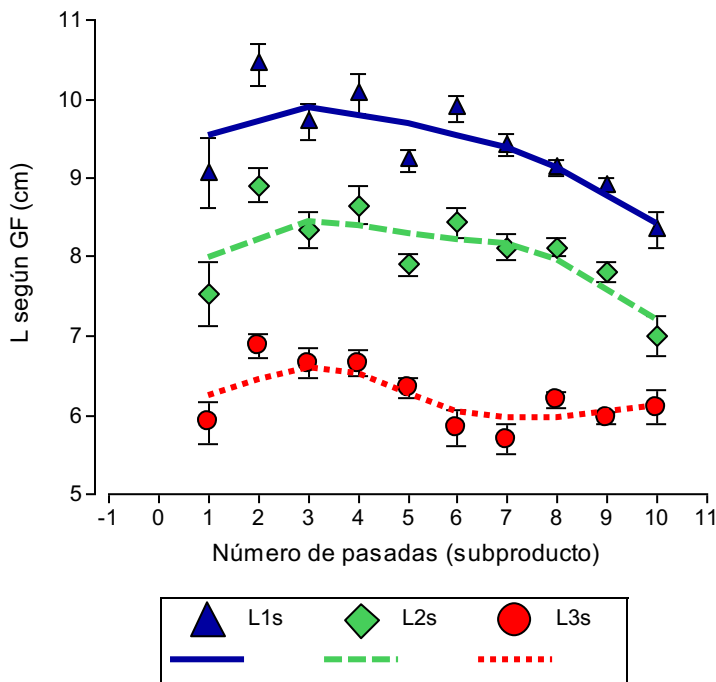


L1d: Largo del GF1 - L2d: Largo del GF2 - L3d: Largo del GF3

Figura 44: Modificación del largo, según GF, con las sucesivas pasadas – producto (Fibra del proceso de descerdado)

L1d:										
A	A	A								
	B	B	B		B					
			C		C					C
				D	D	D				D
				E		E	E	E	E	
					F	F	F	F		
L2d:										
A	A	A								
	B	B	B							
		C	C	C	C	C				
			D	D	D		D	D	D	
			E		E	E	E	E	E	E
L3d:										
A	A	A								
	B	B	B	B	B	B				
		C	C	C	C	C		C		
		D	D	D	D	D	D	D		
			E	E	E	E	E	E	E	E
Número de pasadas:										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Test de Kruskal Wallis: Letras diferentes significan una diferencia signif. entre poblaciones ( $p < 0,05$ )



L1s: Largo del GF1 - L2s: Largo del GF2 - L3s: Largo del GF3

Figura 45: Modificación del largo, según GF, con las sucesivas pasadas – subproducto (Fibra del proceso de descerdado)

L1s:										
	F	F	F		F					
		E	E		E	E				
		D		D	D	D				
C				C		C	C			
B				B			B	B		
A							A	A	A	
L2s:										
	F	F	F		F					
		E	E		E	E	E			
		D		D	D	D				
				C		C	C	C		
B				B			B	B		
A				A				A	A	
L3s:										
	D	D	D	D						
		C		C			C			
B				B	B		B	B	B	
A					A	A	A	A	A	
Número de pasadas:										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Test de Kruskal Wallis: Letras diferentes significan una diferencia signif. entre poblaciones ( $p < 0,05$ )

### 3. Efecto de la clasificación y del descordado sobre la calidad textil de la fibra

#### 3.1. Descripción esquemática y conceptual de los TV

En la Figura 46, las formas de mecha se ilustran esquemáticamente según tipo de vellón.

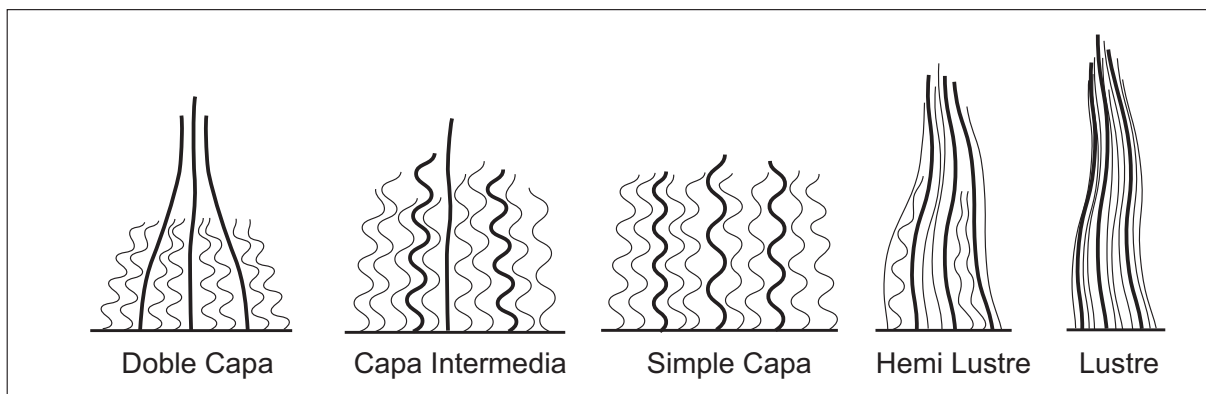


Figura 46: Ilustración esquemática de las mechas de cada tipo de vellón (modificado desde Frank et al. (2007a); (Brodtmann et al., 2018))

La ilustración esquemática de Figura 46 se complementa a través de la descripción de las diferencias de las formas de mecha (Tabla 5).

Tabla 5: Descripción esquemática de la mecha según tipo de vellón (TV)

DC	En el vellón DC, las fibras primarias y secundarias son las más heterogéneas entre sí. La mecha tiene mucho volumen, el cual se forma únicamente debido a las fibras rizadas del down. Éstas son entreveradas por las fibras gruesas, las fibras de guarda, que son casi lacias. La mecha forma un perfil triangular con una base ancha y una punta de la cual emergen las fibras de guarda largas.
CI	La mecha del vellón CI se forma de manera intermedia entre la de la mecha DC y SC.
SC	La mecha del vellón SC es de apariencia homogénea y muestra mucho volumen, el cual se produce debido a las fibras primarias y secundarias que ambas son rizadas. La mecha no forma un perfil triangular, sino que muestra muchas puntas pequeñas.
HL	En relación a su forma, la mecha del vellón HL es muy parecida a la del vellón L, pero la mecha muestra un poco de volumen que es debido a que contiene algunas fibras de una frecuencia de rizo un poco más elevada.
L	La mecha de vellón L es de apariencia homogénea, muestra un lustre vidrioso y carece de volumen. Las fibras forman una mecha de forma helicoidal y de ondulación larga. La mecha muestra una punta larga y pronunciada.

DC: Doble Capa, CI: Capa Intermedia, SC: Simple Capa, HL, Hemi Lustre, L: Lustre

A esta descripción esquemática se puede agregar una descripción conceptual de la estructura de vellón, que resulta a partir de la particularidad de cada tipo de vellón (Tabla 6). Según esta lógica, se puede describir cada TV a través de un concepto específico de acuerdo al cual se constituye su estructura.

Tabla 6: Descripción conceptual de la estructura de vellón según tipo de vellón (TV)

DC	El vellón DC es conformado a través del concepto de combinar fibras largas y gruesas que son casi lacias con fibras cortas, rizadas y finas, que todas muestran un tipo de lustre opaco.
CI	La estructura de vellón CI se forma de manera intermedia entre DC y SC.
SC	El vellón SC muestra el concepto de combinar fibras que todas tienen una frecuencia de rizo elevada, un tipo de lustre opaco y fibras de largo intermedio. Las fibras se diferencian entre sí más que nada por su diámetro.
HL	La estructura de vellón HL se forma de manera intermedia entre SC y L.
L	El vellón L sigue el concepto de combinar fibras que todas tienen ondulación larga y regular, mucho lustre y que son relativamente largas. Las fibras se diferencian entre sí más que nada por su diámetro.

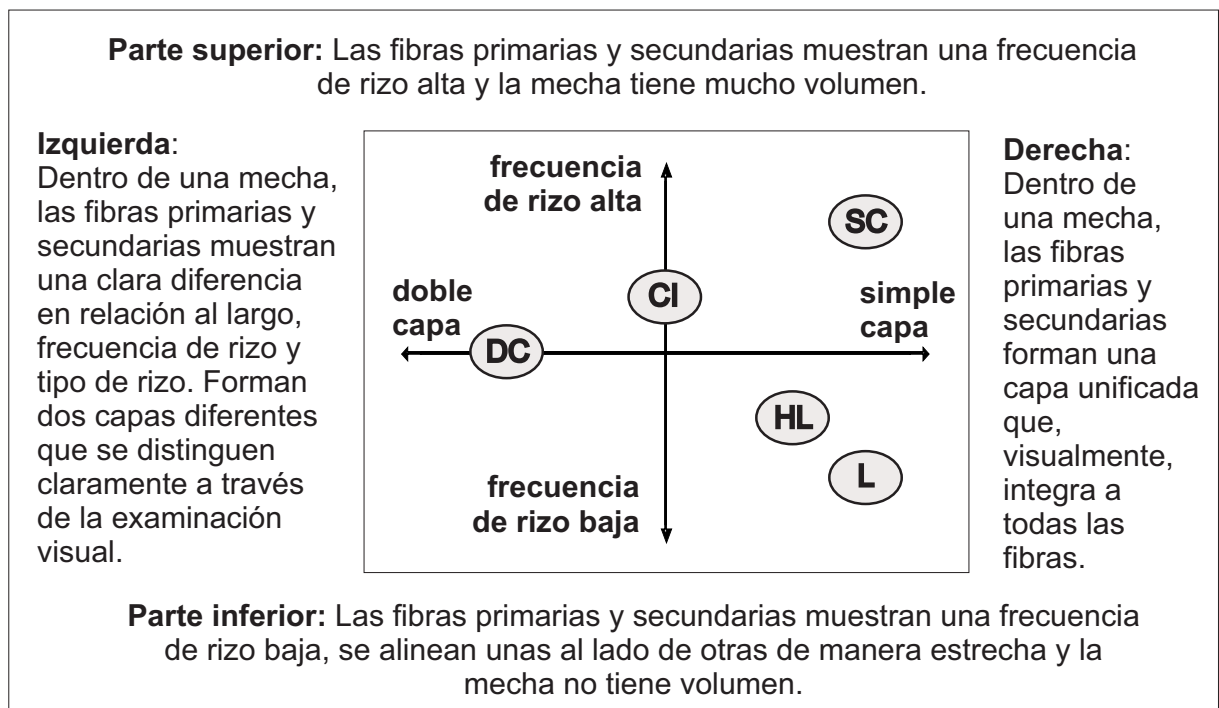
DC: Doble Capa, CI: Capa Intermedia, SC: Simple Capa, HL, Hemi Lustre, L: Lustre

### 3.2. Diferenciación de los TV según características opuestas

Lo recién descrito conlleva al gráfico de la Figura 47: a la izquierda, se sitúa un tipo de vellón en el que las dos capas, correspondientes a fibras primarias y secundarias, se distinguen claramente en la apariencia de una mecha de fibra. O sea, se trata de un vellón en el cual la apariencia visual permite distinguir las dos capas. A la derecha del gráfico, se localizan los tipos de vellón en los que, al observar la mecha entera, se visualiza una sola capa, dicho en otras palabras: se visualiza una simple capa. En el caso de estos tipos de vellón esto es así, aunque en todos los tipos de vellón existen fibras primarias y secundarias y, por lo tanto, las dos capas.

De acuerdo con los conceptos específicos para cada tipo de vellón, el tipo más heterogéneo es el DC. Los tipos SC y L son más homogéneos y, por lo tanto, el tipo L también es un vellón de capa simple, o sea de una sola capa, igual que el tipo de vellón así llamado SC. Pero, a la vez, estos dos vellones se diferencian claramente entre sí, porque cada uno de ellos está compuesto por fibras de diferente frecuencia de rizo, tipo de ondulación y tipo de lustre. A partir de esta lógica, resulta la Figura 47, en la cual cada tipo de vellón está descrito a través de opuestos en relación a ciertas características del vellón. Estos opuestos son, en el eje horizontal, la apariencia visual del vellón en forma de una sola capa (simple capa) versus dos capas (doble capa) y, en el eje vertical, una frecuencia de rizo alta versus baja. En este lugar es importante enfatizar que, más allá de si un vellón es de capa doble o simple, todos los tipos de vellón de llama son constituidos por un compuesto heterogéneo de diferentes tipos de fibra, cada tipo de fibra con sus variaciones específicas y cada tipo de vellón con su estructura específica que lo hace único.

La frecuencia de rizo alta versus baja es equivalente al volumen alto versus bajo, o, mejor dicho, a la ausencia de volumen. Eso es así, porque el tipo de rizo del vellón L muestra una ondulación muy regular y la mayoría de las fibras muestra el mismo patrón de ondulación, lo cual permite que todas las fibras se alineen unas al lado de las otras de manera estrecha. A diferencia de eso, las fibras de un vellón SC no solo tienen una FR alta, sino que también muestran diferente FR entre sí tanto como un tipo de ondulación irregular, lo cual resulta en una estructura de mecha de mucho volumen y “aireada” en la que las fibras individuales se mantienen sostenidas de forma relativamente sueltas entre sí. Esto está en acorde a los resultados de Frank et al. (2011a) que confirman que el volumen (bulk) de los tipos de vellón Lustre y Hemi Lustre es más reducido que los tipos de vellón Doble Capa, Capa Intermedia y Simple Capa.

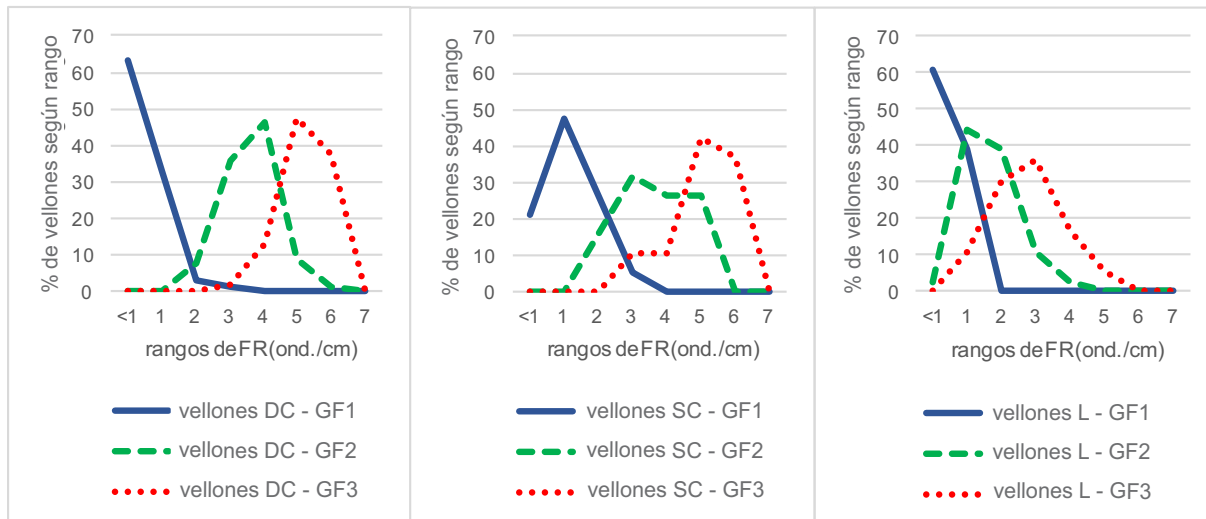


Referencia: DC: Doble Capa, CI: Capa Intermedia, SC: Simple Capa, HL, Hemi Lustre, L: Lustre  
 Figura 47: Evaluación según opuestos en relación a la apariencia visual de las capas del vellón y a la frecuencia de rizo

### 3.3. Frecuencia de rizo según TV

El promedio de la frecuencia de rizo (FR) que se encontró era de 2,8 ondulaciones/cm y el rango de las FR medidas incluyó a valores de 0,5 a 6,7 ondulaciones/cm, siendo el valor más alto de un vellón CI. La FR más alta medida para una fibra por separado era 7,0 ondulaciones/cm y corresponde al GR1. Este valor fue registrado para fibras de vellones DC, CI y SC. Se trata de fibras separadas y no se ven reflejadas en la frecuencia, porque este gráfico está hecho a partir del valor promedio de tres fibras, cuyo valor más alto es de 6,33 ondulaciones/cm y es incluido en el rango de 6 ondulaciones/cm.

La Figura 48 muestra las distribuciones de la FR de los tipos de vellón DC, SC y L. Se encontró que los vellones CI se comportan prácticamente igual que los de DC y que los vellones HL son idénticos a los L respecto a la FR del GF1 y muestran aproximadamente 1 ondulación/cm más en GF2 y GF3.



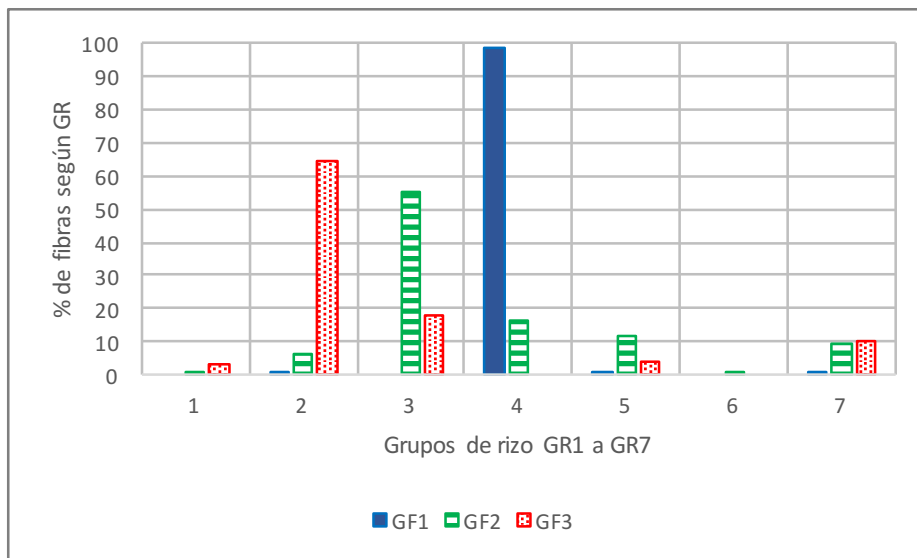
Referencia: FR: Frecuencia de rizo, DC: Doble Capa, SC: Simple Capa, L: Lustre

Figura 48: Distribución de la frecuencia de rizo (en ondulaciones/cm) según GF

### 3.4. Grupos de rizo según TV

Las Figuras 50 a 52 muestran los GR que se encontraron respecto a los tipos de vellón DC, SC y L. De GR5, GR6 y GR7 se encontraron solo pocas fibras y, por lo tanto, éstos no son incluidos en la discusión. Además, aparte de su forma tridimensional, las fibras de estos GR son similares a las de GR1 a GR4. También de GR1 se encontraron pocas fibras, las cuales la mayoría fueron de vellones SC (7%).

Respecto a las fibras finas, las Figuras 50 a 52 muestran grandes diferencias entre los tipos de vellón: los tipos de vellón DC y SC muestran similitud entre sí y difieren del tipo de vellón L. Los datos referidos a los vellones CI y HL no se incluyeron en los gráficos, pero los resultados muestran que el vellón CI se comporta similar a los DC y SC y el vellón HL similar al vellón L. Para los vellones DC y SC, el GR2 cubre un porcentaje alto del GF3 (64% y 56% respectivamente). GR2 y GR3 juntos incluso cubren la gran mayoría de GF3 (82% para ambos tipos de vellón). Además, no se encontraron fibras del GR4 dentro de este GF. Las fibras de GF3 de vellones CI resultaron ser de GR parecidos a los vellones DC y SC (GR2 y GR3 juntos cubren un 85% y no se encontraron fibras de GR4).

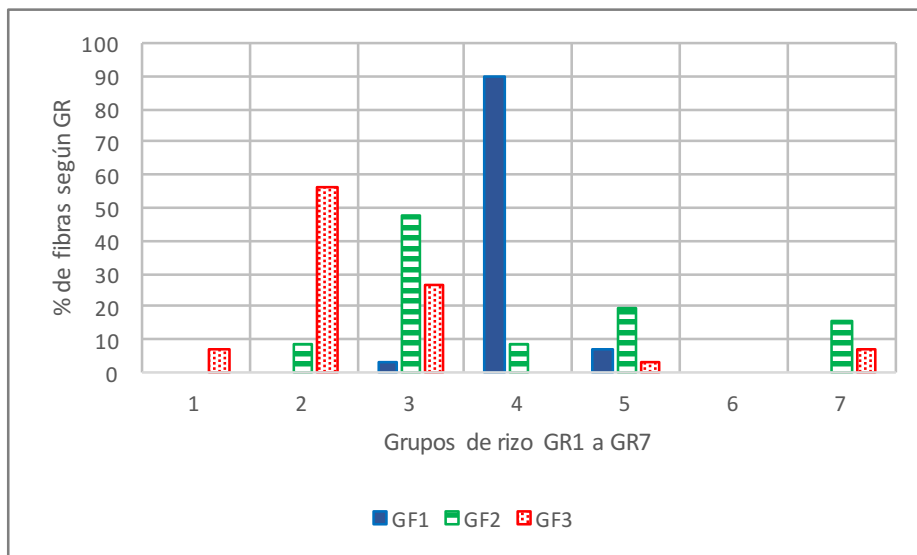


GR:  
Grupo de rizo

GF:  
Grupo de fibra

DC: tipo de vellón  
Doble Capa

Figura 49: Distribución de GR1 a GR7 según GF para el tipo de vellón DC

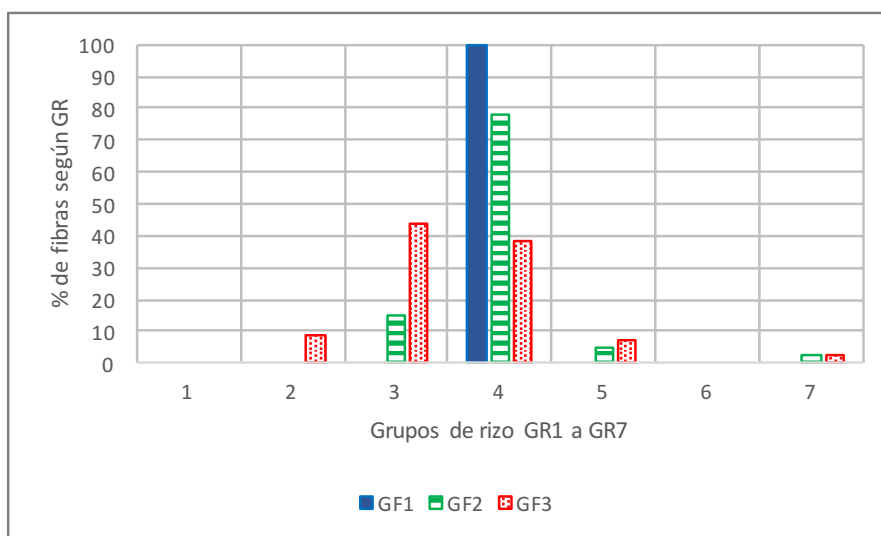


GR:  
Grupo de rizo

GF:  
Grupo de fibra

SC: tipo de vellón  
Simple Capa

Figura 50: Distribución de GR1 a GR7 según GF para el tipo de vellón SC



GR:  
Grupo de rizo

GF:  
Grupo de fibra

L: tipo de vellón  
Lustre

Figura 51: Distribución de GR1 a GR7 según GF para el tipo de vellón L



A diferencia de esto, las fibras del GF3 de los vellones L, incluyen solo muy pocas fibras de GR2 (8%), pero un porcentaje alto de fibras del GR4 (38%). El vellón HL se comporta más parecido al vellón L que a otros tipos de vellón, ya que muestra la presencia de fibras de GR4 (12%). Además, las fibras de GR2 y GR3 (20% y 55% respectivamente) muestran el patrón de ondulación extendido y regular que es típico para fibras de vellón L, al contrario de la ondulación irregular observada en vellones DC, CI y SC.

### 3.5. Largo de fibra según TV

Tal como lo muestra la Figura 52, el rango de largos de fibra incluye valores desde 4,0 a 26,0 cm con una media en 9,9 cm. Se observó una tendencia general de fibras de GF1 más largas y de GF3 más cortas, pero la diferencia específica entre los GF depende de cada vellón en particular. La diferencia entre los GF respecto al largo de fibra, es más elevada para vellones DC y más baja para vellones SC.

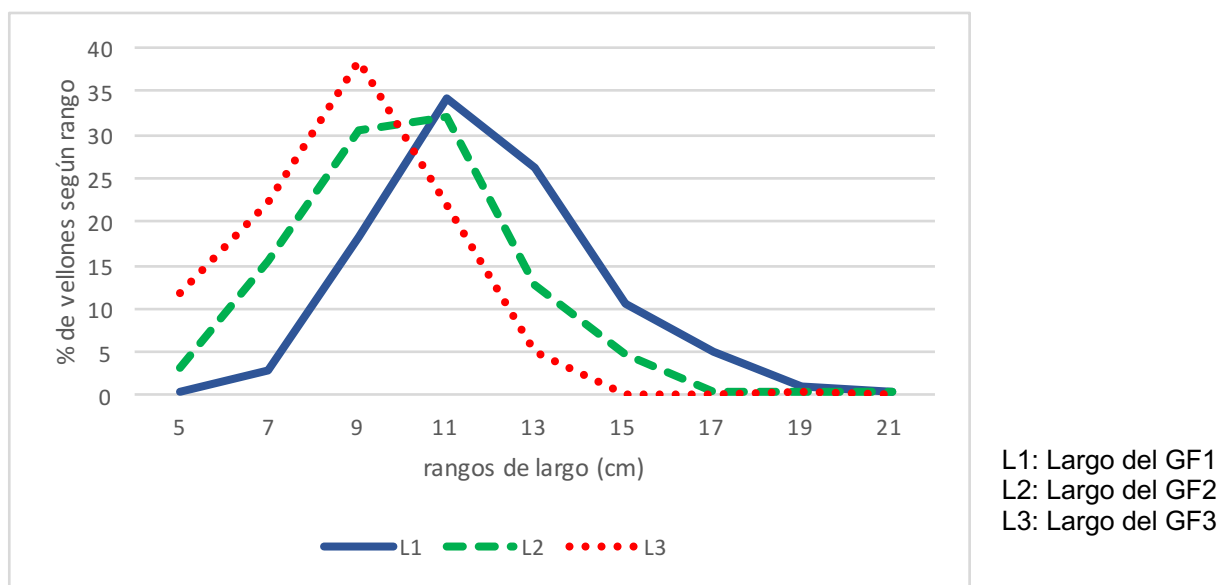


Figura 52: Distribución del largo de fibra (cm) según GF

### 3.6. Diámetro medio según TV

#### Grupo de fibras gruesas (GF1):

Tabla 7: Diferencias de la media de DM1e según TV, sin clasificar (Test de Kruskal Wallis)

TV	N	Media de DM1e $\mu\text{m}$	DE1e	K-W Ranks	Sig. (p<0.05)		
L	36	40,25	3,90	67,90	A		
SC	19	40,68	5,65	77,13	A		
HL	46	41,68	5,39	88,83	A		
CI	50	46,18	5,31	140,80		B	
DC	101	49,65	8,37	166,75			C

(Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones (p<0,05))  
(DM1e: Diámetro medio del grupo de fibra 1)

Las Tablas 7 y 8 muestran los resultados del análisis de un Test de Kruskal Wallis. En esta división se trata de las fibras gruesas (GF1) y finas (GF3) analizadas según TV y sin implementar una clasificación de los vellones según finura.

**Grupo de fibras finas (GF3):**

Tabla 8: Diferencias de la media de DM3e según TV, sin clasificar (Test de Kruskal Wallis)

TV	N	Media de DM3e $\mu\text{m}$	DE3e	K-W Ranks	Sig. ( $p < 0.05$ )		
SC	19	22,79	4,03	92,32	A		
L	36	22,88	2,86	96,79	A		
HL	46	23,86	4,64	114,33	A	B	
DC	101	25,03	3,84	138,33		B	C
CI	50	25,47	3,56	148,19			C

(Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones ( $p < 0,05$ ))  
(DM3e: Diámetro medio del grupo de fibra 3)

**3.7. Diámetro medio según TV con y sin clasificación y/o descordado**

**Grupo de fibras finas (GF3):**

Tabla 9: Diferencias de la media de DM3e según TV, incluyendo a vellones de  $\text{DMTne} < 31 \mu\text{m}$  (Test de Kruskal Wallis)

TV	N	Media de DM3e $\mu\text{m}$	DE3e	Sig. ( $p < 0.05$ )
SC	17	21,72	2,59	A
L	34	22,49	2,40	A
HL	39	22,59	3,43	A
DC	65	22,94	2,34	A
CI	32	23,41	2,07	A

(Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones ( $p < 0,05$ ))  
(DM3e: Diámetro medio del grupo de fibra 3)  
( $\text{DMTne} < 31 \mu\text{m}$ : Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra de DMT menor a 31  $\mu\text{m}$ )

Para elaborar las Tablas 9 y 10 se simuló una clasificación a través de la exclusión de los datos de algunos vellones del análisis, es decir de vellones a partir de cierto  $\text{DMTne}$ . Respecto al efecto de una clasificación según TV se analizó solamente el GF3, ya que es el grupo de fibra que representa al producto que resultaría de un descordado y que es el grupo de mayor interés textil.

Tabla 10: Diferencias de la media de DM3e según TV, incluyendo a vellones de DMTne<28µm (Test de Kruskal Wallis)

TV	N	Media de DM3e µm	DE3e	Sig. p<0.05)
HL	26	20,72	2,47	A
SC	14	21,24	2,38	A
DC	37	21,66	1,79	A
L	30	22,01	2,00	A
CI	18	22,08	1,61	A

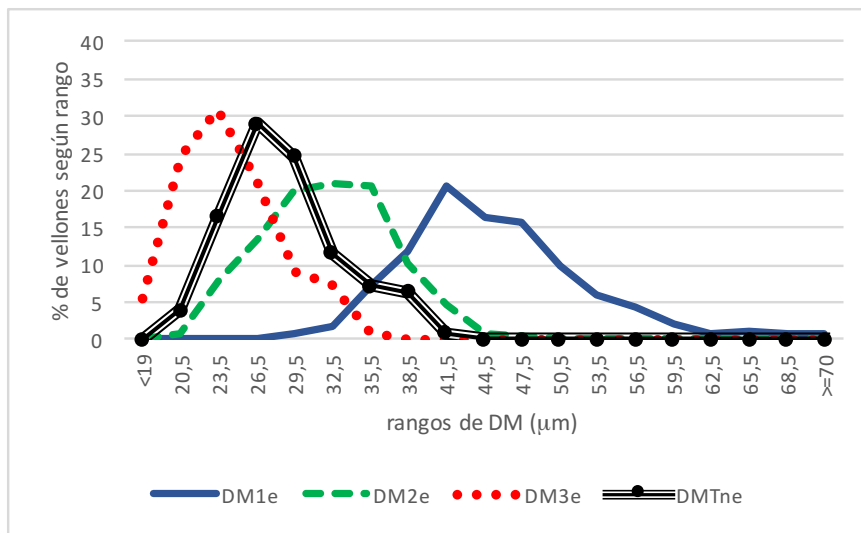
(Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones (p<0,05))

(DM3e: Diámetro medio del grupo de fibra 3)

(DMTne<28µm: Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra de DMT menor a 28 µm)

### 3.8. Diámetro medio con/sin clasificación y/o descartado

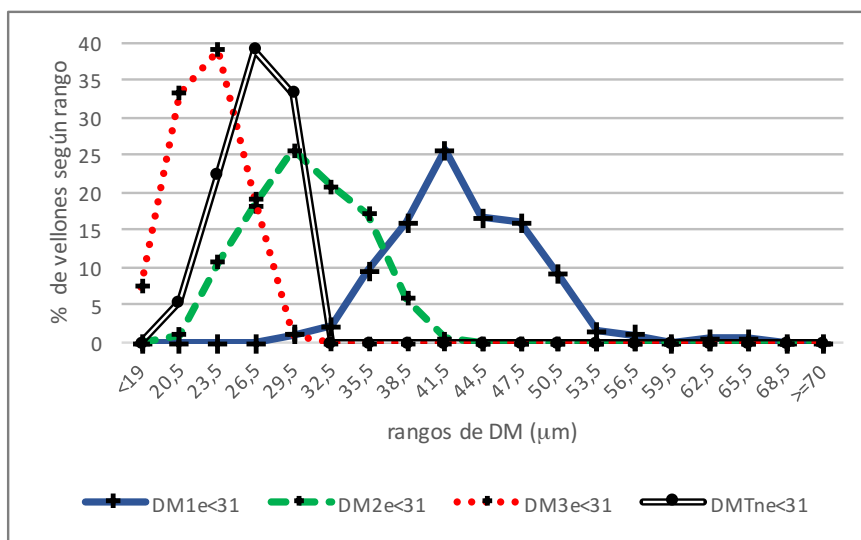
Como mencionado anteriormente, respecto a los análisis descriptos en el Subcapítulo 3 no se aplicó una distinción según TV, sino que todos los vellones fueron analizados en su conjunto. La Figura 53 grafica la distribución de diferentes diámetros medios sin clasificar. Por un lado, muestra la distribución del diámetro medio total ponderado según frecuencia de fibra (DMTne) y, además, grafica como el DMTne se desglosa en las tres distribuciones, una de cada uno de los diámetros medios según GF (DM1e, DM2e y DM3e). Muestra que un 29% de los 252 vellones analizados tuvieron un DMTne dentro del rango de 26,5 µm. El rango del DMTne resultó en valores entre 19,2 y 41,1 µm. El promedio del DMTne de todos los vellones en su conjunto era 28,7 µm, tal como se muestra en la columna 1 de Tabla 14. Para GF3, los DM3e más bajos medidos eran 16,3 y 17,4 µm, los cuales fueron incluidos dentro del rango de <19 µm. Para GF1, los DM1e más elevados encontrados eran 75,3 y 86,5 µm, los cuales fueron incluidos en el rango de ≥70,00 µm.



DMTne: DM total ponderado por la frecuencia de fibra de cada GF

DM1e: DM del GF1  
DM2e: DM del GF2  
DM3e: DM del GF3

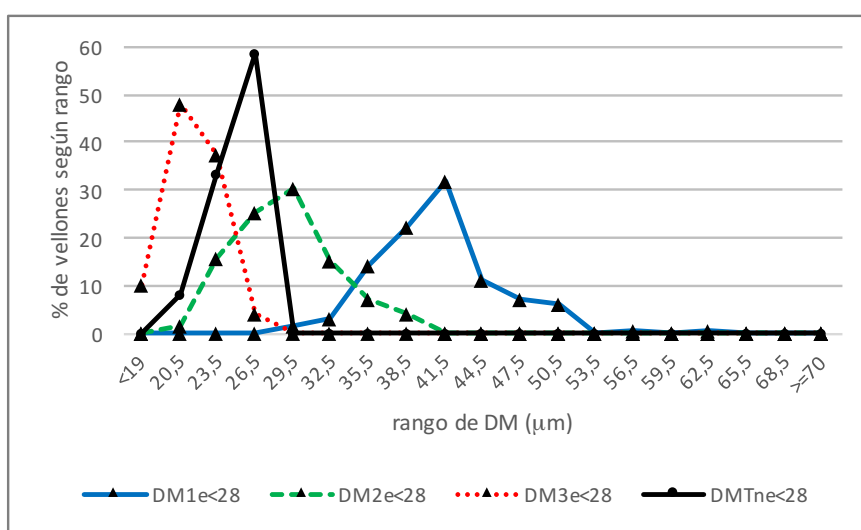
Figura 53: Distribución de diferentes DM ( $\mu\text{m}$ ) (sin clasificar, o sea incluyendo a los vellones de todos los DMTne)



DMTne<31: DM total ponderado por la frecuencia de fibra de cada GF, sólo vellones de DMTne<31 $\mu\text{m}$

DM1e<31: DM del GF1, sólo vellones de DMTne<31 $\mu\text{m}$   
DM2e<31: DM del GF2, sólo vellones de DMTne<31 $\mu\text{m}$   
DM3e<31: DM del GF3, sólo vellones de DMTne<31 $\mu\text{m}$

Figura 54: Distribución de diferentes DM ( $\mu\text{m}$ ) con una clasificación inicial (incluidos vellones de DMTne<31 $\mu\text{m}$ )



DMTne<28: DM total ponderado por la frecuencia de fibra de cada GF, sólo vellones de DMTne<28 $\mu\text{m}$

DM1e<28: DM del GF1, sólo vellones de DMTne<28 $\mu\text{m}$   
DM2e<28: DM del GF2, sólo vellones de DMTne<28 $\mu\text{m}$   
DM3e<28: DM del GF3, sólo vellones de DMTne<28 $\mu\text{m}$

Figura 55: Distribución de diferentes DM ( $\mu\text{m}$ ) con una clasificación más rigurosa (incluidos vellones de DMTne<28 $\mu\text{m}$ )

### Grupo de fibras gruesas (GF1):

Figura 56 repite partes de los gráficos de las Figuras 53 a 55: se repite el DMT de cada una de esas figuras (DMTne, DMTne<31 y DMTne<28) y los DM de las fibras gruesas (DM1e, DM1e<31 y DM1e<28). La parte derecha de la Figura 56 relacionada a las fibras gruesas es equivalente a las columnas 2 y 3 de Tabla 14.

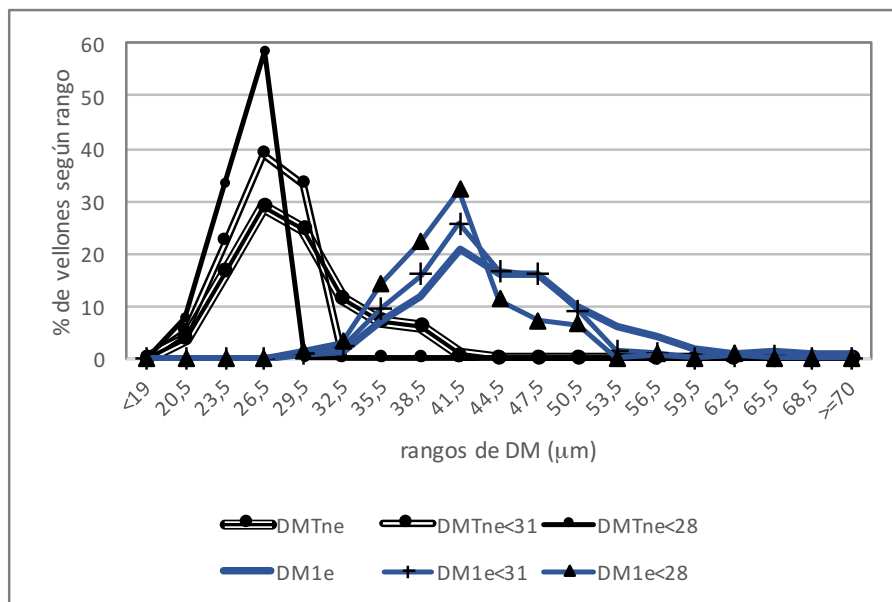


Figura 56: Distribución de diferentes DM (µm) sin y con clasificación según finura

DMTne: DM total ponderado por la frecuencia de fibra de cada GF

DM1e: DM del GF1

DMTne<31: DM total ponderado por la frecuencia de fibra de cada GF, sólo vellones de DMTne<31µm

DM1e<31: DM del GF1, sólo vellones de DMTne<31µm

DMTne<28: DM total ponderado por la frecuencia de fibra de cada GF, sólo vellones de DMTne<28µm

DM1e<28: DM del GF1, sólo vellones de DMTne<28µm

### 3.9. Potencial de la clasificación y del descordado

En lo siguiente, se muestran los resultados de cuatro posibles secuencias que podrían ser utilizadas en la práctica con el fin de obtener materia prima apta para ser destinada a la producción de textiles finos:

- Tabla 11: Clasificación solamente
- Tabla 12: Descordado solamente
- Tabla 13:
  - Clasificación inicial, incluyendo a vellones de DMTne<31µm, seguida por un descordado
  - Clasificación más rigurosa, incluyendo a vellones de DMTne<28µm, seguida por un descordado

#### **Reducción del DM a través de la clasificación, sin realizar un descordado:**

Tabla 11 muestra los resultados de un Test de Kruskal Wallis simulando la implementación de una clasificación, sin realizar un descordado posterior. En la segunda columna se muestra

la cantidad de vellones (N), que se reduce hacia abajo, a medida que, por simular la clasificación, se excluyen cierta cantidad de vellones del análisis. Los resultados muestran una reducción de la media inicial de 28,7  $\mu\text{m}$  a 26,5  $\mu\text{m}$  al incluir vellones de un  $\text{DMTne} < 31 \mu\text{m}$  y a 25,0  $\mu\text{m}$  al incluir aun menos vellones, de  $\text{DMTne} < 28 \mu\text{m}$  solamente. Tal como se ve en Columna 1 de Tabla 14, la reducción es de 2,2 y 3,7  $\mu\text{m}$  respectivamente.

Tabla 11: Diferencias de la media de DMTne por clasificar (Test de Kruskal Wallis)

Vellones	N	Media de DMTne $\mu\text{m}$	Sig. ( $p < 0.05$ )
Todos los vellones	252	28,7	A
incl. vellones $\text{DMTne} < 31 \mu\text{m}$	187	26,5	B
incl. vellones $\text{DMTne} < 28 \mu\text{m}$	125	25,0	C

(Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones ( $p < 0,05$ ))

(DMTne: distribución de diámetro medio total ponderado según frecuencia de fibra)

( $\text{DMTne} < 31 \mu\text{m}$ : Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra de DMT menor a 31  $\mu\text{m}$ )

( $\text{DMTne} < 28 \mu\text{m}$ : Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra de DMT menor a 28  $\mu\text{m}$ )

**Reducción del DM a través del descordado, sin clasificar los vellones anteriormente:**

Tabla 12 muestra los resultados de un Test de Kruskal Wallis simulando la implementación de un descordado por comparar el DM del vellón completo (DMTne) con el DM del grupo de fibras finas (GF3). En este análisis no se simuló una clasificación, tal como se ve en la segunda columna que contiene el N, ya que en ambas filas se verifica el N completo de 252 vellones. La media inicial de 28,7  $\mu\text{m}$  se reduce a 24,4  $\mu\text{m}$ , tal como se ve en fila 1 de Tabla 14: Reducción 4,3  $\mu\text{m}$ .

Tabla 12: Diferencia entre la media de DMTne y la media de DM3e, correspondiente a un descordado (sin clasificar) (Test de Kruskal Wallis)

Vellones (Variable)	N	Media de DMTne o DM3e $\mu\text{m}$	Sig. ( $p < 0.05$ )
Todos los vellones, (Media de DMTne)	252	28,7	A
Todos los vellones, (Media de DM3e)	252	24,4	B

(Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones ( $p < 0,05$ ))

(DMTne: distribución de diámetro medio total ponderado según frecuencia de fibra)

(DM3e: distribución de cada diámetro medio del grupo de fibra 3)

**Reducción del DM a través de una combinación de la clasificación y del descordado:**

Tabla 13 muestra los resultados de una combinación de las dos medidas evaluadas que tienen potencial para reducir el DM, la clasificación con el descordado. La única excepción es la fila

más alta, en la que no se excluyeron vellones por clasificación y sólo se aplica un descordado, logrando un DM3e de 24,4  $\mu\text{m}$ . Esta fila equivale a lo que resume la Tabla 12. En la fila siguiente se muestra el resultado de una clasificación inicial, incluyendo a vellones de  $\text{DMTne} < 31 \mu\text{m}$ , seguida por un descordado, por lo cual se logra un DM3e de 22,8  $\mu\text{m}$ . En la fila inferior se muestran los resultados de una clasificación más rigurosa, incluyendo a vellones de  $\text{DMTne} < 28 \mu\text{m}$  solamente, también seguida por un descordado. De esta manera se logra un DM3e de 21,6  $\mu\text{m}$ . La Tabla 13 es equivalente a las columnas 6 y 7 de la Tabla 14 y la reducción correspondiente se ve en la columna 9 de Tabla 14.

Tabla 13: Diferencia de la media de DM3e lograda por clasificar y descordar (Test de Kruskal Wallis)

<b>DM3e</b>	<b>N</b>	<b>Media de DM3e <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>DE3e</b>	<b>K-W Ranks</b>	<b>Sig. (p&lt;0.05)</b>
<b>Todos los vellones</b>	252	24,4	4,1		A
<b>incl. vellones <math>\text{DMTne} &lt; 31 \mu\text{m}</math></b>	187	22,8	3,8		B
<b>incl. vellones <math>\text{DMTne} &lt; 28 \mu\text{m}</math></b>	125	21,6	3,7		C

(Letras diferentes significan una diferencia significativa entre poblaciones ( $p < 0,05$ ))

( $\text{DMTne} < 31 \mu\text{m}$ : Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra de DMT menor a 31  $\mu\text{m}$ )

( $\text{DMTne} < 28 \mu\text{m}$ : Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra de DMT menor a 28  $\mu\text{m}$ )

(DM3e: distribución de cada diámetro medio del grupo de fibra 3)

La siguiente tabla resume la información de todos los gráficos y tablas de la División 3.8 y 3.9.

Tabla 14: Diferencias entre medias de diferentes tipos de diámetro medio (DM) y su Desvío Estándar (DE)

	Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fila		Media de DMTne $\mu\text{m}$ <b>Reducción</b> $\mu\text{m}$	Media de DM1e $\mu\text{m}$	DE1e $\mu\text{m}$	Media de DM2e $\mu\text{m}$	DE2e $\mu\text{m}$	Media de DM3e $\mu\text{m}$	DE3e $\mu\text{m}$	<b>Reducción por descordado</b> $\mu\text{m}$	<b>Reducción por clasificación y descordado</b> $\mu\text{m}$
1	Sin clasificación según finura	28,7	45,5	8,9	32,1	6,5	24,4	4,1	<b>4,3</b>	---
2	incl. vellones DMTne<31 $\mu\text{m}$ <b>Reducción por clasificación</b> $\mu\text{m}$	26,5 <b>2,2</b>	43,0	8,2	30,5	6,1	22,8	3,8	<b>3,7</b>	<b>5,9</b>
3	incl. vellones DMTne<28 $\mu\text{m}$ <b>Reducción por clasificación</b> $\mu\text{m}$	25,0 <b>3,7</b>	41,1	7,7	28,8	5,7	21,6	3,7	<b>3,4</b>	<b>7,1</b>

(DMTne: distribución de diámetro medio total ponderado según frecuencia de fibra)

(DM1e, DM2e y DM3e: diámetro medio del grupo de fibra 1, 2 y 3)

(DE1e, DE2e y DE3e: Desviación Estándar de DM1e, DM2e y DM3e)

(DMTne<31 $\mu\text{m}$  y DMTne<28 $\mu\text{m}$ : Diámetro medio total ponderado por frecuencia de fibra de DMT menor a 31  $\mu\text{m}$  y 28  $\mu\text{m}$ )



### Grupo de fibras finas (GF3):

Figura 57 repite partes de los gráficos de las Figuras 53 a 55: se repite el DMT de cada una de esas figuras (DMTne, DMTne<31 y DMTne<28) y los DM de las fibras finas (DM3e, DM3e<31 y DM3e<28). Sólo muestra los rangos “<19” a “41,5”. La parte izquierda de la Figura 57 (curvas rojas) que está relacionada a las fibras finas es equivalente a las columnas 6 y 7 de Tabla 14.

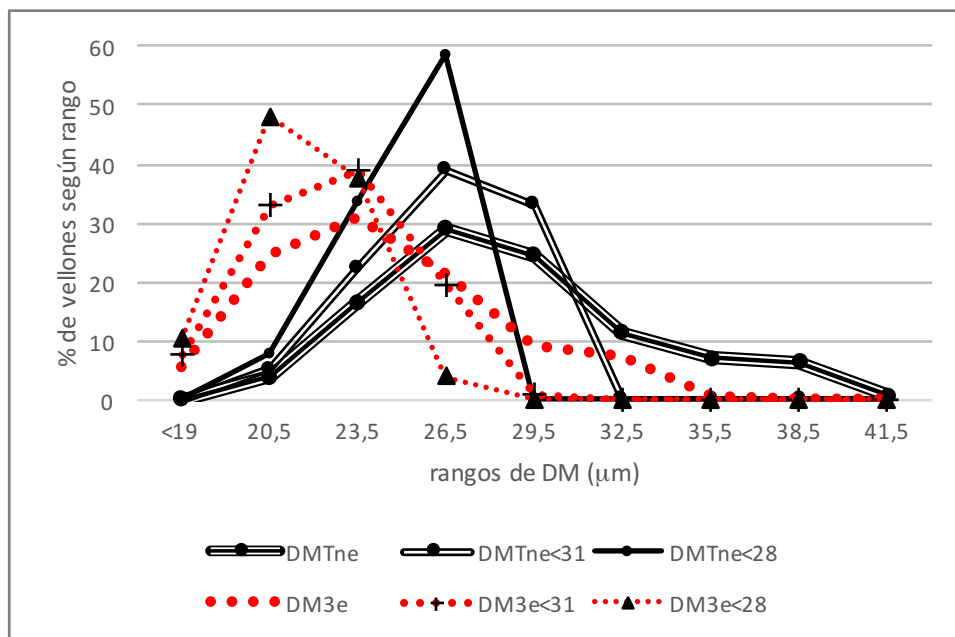


Figura 57: Distribución de diferentes DM ( $\mu\text{m}$ ) sin y con clasificación según finura  
DMTne: DM total ponderado por la frecuencia de fibra de cada GF  
DM3e: DM del GF3  
DMTne<31: DM total ponderado por la frecuencia de fibra de cada GF, sólo vellones de DMTne<31 $\mu\text{m}$   
DM3e<31: DM del GF3, sólo vellones de DMTne<31 $\mu\text{m}$   
DMTne<28: DM total ponderado por la frecuencia de fibra de cada GF, sólo vellones de DMTne<28 $\mu\text{m}$   
DM3e<28: DM del GF3, sólo vellones de DMTne<28 $\mu\text{m}$

### 3.10. Simulación de una clasificación según finura y un descordado

A partir de los parámetros definidos en la Tabla 3, tomando solo tipo de vellón SC, y luego de clasificar según finura el lote de fibra de llama analizado, se simuló el efecto del descordado hasta llevar la frecuencia de GF1 a 3,09%, lo cual se muestra en la Tabla 15. Cada muestra de fibra se tomó como correspondiente a un vellón dentro de un lote de fibra.

Se eligieron los datos de las muestras de fibra de la base de datos que se utilizaron en el estudio del efecto de la edad en el Subcapítulo 1, en base a su tipo de mecha o vellón (solo SC) y en base a su porcentaje de fibras gruesas (N%1d) inicial tomando como referencia el intervalo de confianza de la ordenada al origen (constante en Tabla 3), partiendo de que dicha ordenada es real, porque representa el valor de la frecuencia de fibras gruesas de la muestra original sin procesar, lo cual tiene aval en la teoría del análisis de regresión (Di Rienzo, 2015).

Así se eliminaron las muestras de un diámetro medio total superior a 32  $\mu\text{m}$  de la simulación, las cuales correspondían en casi todos los casos a muestras de una clase de edad superior a 9 años al momento de la toma de la muestra.

Tabla 15: Frecuencias de vellones según finura, diámetro medio y rinde, antes y después de descender un lote de fibra de llama

Finura	Frecuencias (%)	DM inicial ( $\mu\text{m}$ )	Frecuencias descordado (%)	DM descordado ( $\mu\text{m}$ )	Rinde al descordado (%)	Diferencia Frecuencias (%)	Diferencia DM ( $\mu\text{m}$ )
SF	9,57	19,46	13,68	18,43	76,50	4,11	1,03
F	42,55	23,96	83,57	23,85	76,22	41,02	0,11
M	30,85	27,14	2,74	26,80	53,25	-28,11	0,34
G	17,02	34,13	0,00	-	4,78	-17,02	-
	Suma:	Promedio:	Suma:	Promedio:	Promedio:		
	100	<b>26,24</b>	100	<b>23,15</b>	57,00	0,00	

Es destacado el cambio de frecuencias para las diferentes finuras: en superfino (SF) aumentó un 4,11%, en fino (F) aumentó dramáticamente por un 41,02%, mientras que en mediano (M) descendió un 28,11% y en gruesa (G) descendió un 17,0% llevándolo a 0%. El diámetro medio ponderado según frecuencia del lote de vellones de DM de 26,24  $\mu\text{m}$  descendió a un DM de 23,15  $\mu\text{m}$ , o sea que se redujo 3,09  $\mu\text{m}$ . El rinde es muy variado en las diferentes finuras, alto en SF y F, mediano en M y bajo en G. Lo que se tomó en cuenta para el rinde es solamente lo corresponde a la fibra, eliminando el porcentaje que corresponde normalmente a contenido de tierra, descamación celular y vegetales, tomando la estimación que tiene la industria al respecto (Seghetti Frondizi, D.G., com. per.).

## **CAPÍTULO V. DISCUSIÓN**

### **1. Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama**

#### **1.1. Diámetro medio total y diámetro medio según grupos de fibra (GF)**

El aumento del diámetro medio total (DMT) con el incremento de la edad fue confirmado para las diferentes variantes (DMTv, DMTp y DMTn) medidas. La diferencia entre los valores de los diferentes DMT es de 2,2 a 4,3  $\mu\text{m}$  en las clases de edad 1 a 10 y sube a 5,2  $\mu\text{m}$  en a la clase de edad de 11 años. Pero, más allá de estas diferencias, todas las curvas muestran el mismo efecto biológico, el cual consiste en un DM inicial bajo que aumenta hasta estabilizarse a cierta edad y, luego, comienza a reducirse. Esto sucede en DMTv a los 5 años y en DMTp y DMTn a los 6 años.

El engrosamiento del DM con la edad del animal es un hecho conocido por la literatura existente y se puede confirmar en estudios al respecto que se realizaron para alpacas australianas (McGregor & Butler, 2002; Ídem, 2004), alpacas neozelandesas (Aylan-Parker & Mcgregor, 2002; Wuliji et al., 2000), guanacos argentinos (Bacchi et al., 2010), llamas bolivianas (Iñiguez et al., 1997; Martínez et al., 1997), llamas argentinas (Frank et al., 2006a), alpacas chilenas (Crossley et al., 2015), en lana Merino (Atkins, 1996), en mohair (Van Der Westhuysen et al., 1985; Martin et al., 1998) y en Cachemira (McGregor & Butler, 2008a) y todos confirman un engrosamiento de la fibra con la edad. En alpacas australianas el incremento del diámetro es de 22 a 40  $\mu\text{m}$  y está acompañando por del aumento de peso corporal (McGregor, 2006). Explorando la edad óptima para tomar la muestra en la selección por diámetro en alpacas australianas, se determinó que debe ser superior a los 2 años (baja repetibilidad) y que el incremento se produce hasta los 7,5 años (McGregor & Butler, 2004). En este caso se obtuvo una relación lineal entre el aumento del peso corporal y el diámetro, siendo el incremento del diámetro de 0,64  $\mu\text{m}$  para Huacayas y 0,36  $\mu\text{m}$  para Suris por cada 10 kg de aumento de peso. En llamas del altiplano argentino se verifica un incremento del DMT hasta la edad de 6 años, con un aplanamiento a partir de esta edad y sin descenso significativo (Frank et al., 2006a). En este trabajo se demuestra claramente que la frecuencia de esquila no afecta al DMT y la interacción frecuencia de esquila versus edad no es significativa. En muchas observaciones de alpacas de la región de Puno se obtiene una tendencia lineal cuadrática similar, pero estabilizando hacia los 5 años (Cucho, 2018). La equivalencia de la curva del aumento del diámetro y del tamaño corporal también se establece en otras especies: en ovinos cruza se verifica un amesetamiento del crecimiento a los 3 años y coincide con el máximo aumento del diámetro (Sumner & Upsdell, 2001). El diámetro en ovejas Merino de distintas líneas incrementa hasta los 5 años, asociado con otros atributos de calidad (Mulaney et al., 1969; Hatcher et al., 2005). En cabras de Angora, la relación se ajusta a un modelo cúbico, llegando al mayor diámetro entre 3,5 y 4 años, coincidente con el

mayor peso de vellón, pero en algunas está relacionado negativamente al peso al destete, indicando alguna relación con el desarrollo adecuado de los folículos (McGregor et al., 2012). Efectivamente, en llamas argentinas se verificó un aumento del diámetro hasta los 4 años en relación a la reducción de la densidad folicular y el aumento del tamaño corporal (Frank et al., 2006a), lo cual estaría explicando el aumento del diámetro de la fibra.

Lo novedoso de lo analizado aquí es revelar dónde se origina el aumento de DMT, o sea cuáles son los GF o tipos de fibra que más contribuyen a este aumento. Respecto a esto, las diferentes variables del DM que se grafican en las Figuras 11 a 14 tanto como en las Figuras 17 y 21 proporcionan información, la cual se discute en los siguientes párrafos. Además, el aumento de DMT se explica por el peso y la frecuencia de ciertos tipos de fibra (Figuras 15, 16, 18 y 22). El hecho de describir el engrosamiento de la fibra a través del DMT significa permanecer en un plano general, mientras que analizar los diferentes grupos de fibra (GF1, GF2 y GF3) o tipos de fibra (A, F, I, C y G) y sus frecuencias respectivas lleva el análisis a un plano más específico que permite indagar en el origen del engrosamiento o “micron blowout”, teniendo en cuenta que el descordado extrae ciertos tipos de fibra que pueden influenciar el diámetro promedio (Singh, 2003). Para ofrecer definiciones del efecto de la edad respecto a la calidad textil, es fundamental analizar dos aspectos: por un lado, cuánto aumenta en grosor las fibras finas (DM3), que son las fibras deseadas para la elaboración de prendas finas y, por un lado, cuánto aumenta la presencia de las fibras objetables, las cuales son la causa del efecto de picazón sobre la piel y deberían ser extraídas por el descordado.

El DMT<sub>v</sub> se midió sobre la muestra de fibra original, mechales enteras tal como fue extraída del vellón, mientras que DMT<sub>p</sub> y DMT<sub>n</sub> fueron medidos a partir de la implementación de la Disección Tripartita, o sea que a partir de la ponderación por las muestras de fibra de cada uno de los tres GF formados (Figura 5). La Figura 8 muestra la relación que tienen estas tres variables de DMT. Cada una de las tres curvas se complementa con la información resultante de un Test de Kruskal Wallis (KW). Los resultados son muy parecidos, solo difieren en un año respecto a la edad en la que se estabiliza el DMT que es la clase de edad 5 para DMT<sub>v</sub> y 6 para DMT<sub>p</sub> y DMT<sub>n</sub>. La discusión respecto a cuál es la edad en la que se determina el punto máximo de la curva se desarrolla en la división 1.6, ya que tiene importancia para la concordancia de ambas bases de datos.

La Figura 2 ofrece una impresión visual respecto al engrosamiento al mostrar mechales de un vellón SC extraídas de las muestras de fibra tomadas anualmente, colocadas sobre un paño de terciopelo. La mecha de la izquierda es de la clase de edad 1 y tiene un aspecto menos compacto y más suave, mientras que el aspecto de la mecha de la derecha que es de la clase de edad 5 es más compacto y áspero.

Se comprobó que, respecto al DMT, la hipótesis específica del Subcapítulo 1 queda validada, ya que un aumento del diámetro medio de fibra es desfavorable desde el punto de vista de la calidad textil. A su vez, es equivalente a una pérdida para el productor, ya que una característica fundamental que determina el precio es el diámetro medio (Vinella, 1994).

Las tres curvas del DM de los diferentes GF (DM1, DM2 y DM3) muestran un acompañamiento del efecto biológico de DMTn, o sea que tanto las fibras finas como las gruesas aportan al engrosamiento de DMTn. La diferencia entre el DM más bajo y más alto es aproximadamente 9,3; 9,0 y 6,8  $\mu\text{m}$  para los grupos de fibra GF1, GF2 y GF3 respectivamente, o sea que se puede confirmar un engrosamiento mayor respecto a las fibras gruesas (GF1 y GF2). A su vez, el DE del diámetro medio de los tres GF (DE1, DE2 y DE3) también acompaña este efecto biológico, ya que tiene la tendencia de aumentar con el incremento de la edad (Figuras 12 a 14). Esto se verifica también en ovinos, pero no es tan marcado como el cambio de diámetro y es de menor magnitud en algunas líneas de Merino (Sumner & Upsdell, 2001), aunque la variación del diámetro expresada como desvío estándar siempre está correlacionada con el promedio, lo cual confirma su sesgo con respecto a la normalidad de distribución del diámetro (Naylor, 1992a).

Se determinó que el porcentaje de fibras de más de 30  $\mu\text{m}$  es un buen predictor de la sensación de picazón que producen tejidos sobre la piel (Naylor, 1992b). No obstante, hay diversos factores que pueden alterar este valor umbral y se podría decir que fluctuaría entre los 26 y 35  $\mu\text{m}$ , para lo cual se requiere de mayores evidencias experimentales (Frank et al., 2015). De todas maneras, tomando estos valores como referencia queda confirmado que las fibras del GF1 claramente son fibras objetables por su grosor, mientras que el diámetro medio del GF de las fibras finas (DM3) se mantiene por debajo del umbral de 26  $\mu\text{m}$  que separa las finuras de valor superior del resto (McGregor, 2006), durante las primeras 5 clases de edad. Esto es un aspecto fundamental para determinar el valor textil potencial de un vellón de llama, ya que, si estas se logran separar del grupo de las fibras gruesas, son utilizadas para la producción de textiles finos de mayor valor, independientemente de la eliminación del factor de picazón (no se han encontrado referencias bibliográficas sobre esta aseveración).

#### ***Grupo de fibras gruesas (GF1):***

En relación al grupo de fibras gruesas en la Figura 12, se debe destacar que las fibras más finas de ese GF aun en la primera clase de edad tienen un DM1 alto (38,3  $\mu\text{m}$ ), o sea que se encuentran claramente por encima de los 35  $\mu\text{m}$ . Esto confirma que aun para la primera esquila de animales de sólo un año de edad es necesario implementar un descordado si el

objetivo es proveer materia prima para la producción de textiles finos, si la frecuencia de esas fibras (rinde) lo amerita (Frank et al., 2014).

Los resultados respecto al DM del GF de las fibras intermedias (DM2) graficados en la Figura 13 confirman que, en general, no sería conveniente que este GF formara parte del producto de descordado, dado el valor de su DM, al menos así se asevera en el caso del descordado de Cachemira (Smith, 1988). La única excepción sería la parte más fina de los vellones de la primera clase de edad. Por lo tanto, se confirma que es adecuado considerar que solamente el GF3 representa el producto de un eventual descordado (Brodthmann et al., 2018).

### ***Grupo de fibras finas (GF3):***

El GF de las fibras finas (GF3) es el que muestra la calidad textil potencial de la fibra de llama, ya que es el que representa el producto del proceso de descordado. Para las primeras tres clases de edad la finura de DM3 es de 20,6 a 23,5  $\mu\text{m}$  (superfinas y finas según Tabla 1), o sea que se trata de vellones que proveen materia prima de un alto potencial al ser destinados al descordado y confirma el alto potencial textil que provee la fibra de llama. Inclusive para las clases de edad 4 y 5, el DM3 se encuentra por debajo del umbral de 26  $\mu\text{m}$  (McGregor, 2006), por lo cual se confirmó que también en esas clases de edad se proveen vellones que pueden ser considerados para ser descordados, dependiendo de cuán altas son las exigencias del producto final.

A más avanzada edad el sentido del descordado sería cuestionable, porque, aunque las fibras más finas tienen una finura que posiblemente justifique la inversión del descordado dentro de la cadena textil, el bajo rinde que brindan condiciona este proceso (Seghetti Frondizi, 2014). Se puede considerar que a partir de la clase de edad 6 la calidad textil pierde claramente en valor. El valor máximo de DM3 resultó ser el de la clase de edad 10 con 27,4  $\mu\text{m}$ . Respecto a la estructura de vellón se confirma que el efecto de la edad se produce para los 3 grupos de fibra, también para el grupo de fibras finas y la modificación resulta en una disminución de la calidad textil. O sea que se confirma la 1° hipótesis específica también respecto a este aspecto de la calidad textil.

La Figura 15 ofrece una referencia respecto al rinde al descordado, ya que la variable utilizada para definir el rinde es el peso del GF3 en relación al peso de la mecha disecada completa (Frank et al., 2009). Figura 15 muestra cómo se modificó el rinde con la edad. Durante las primeras tres clases de edad el rinde se promedia en un 68%. Para las clases de edad de 4 y 5 se encuentra alrededor del 61% y, luego, baja hasta aproximadamente un 50% y pone en duda hasta cuál edad del animal se justifica un descordado. De cualquier manera hay que considerar que el rinde no depende solo del diámetro y la frecuencia de las fibras presentes,

sino que además tiene otros factores cómo el contenido de impurezas (tierra fundamentalmente) y el estado de vellón al esquilarlo (apelmazamientos) (McGregor & Butler, 2008b; Seghetti Frondizi, 2014).

Las curvas del peso relativo (P%) de la Figura 15 muestran una tendencia muy similar a las curvas de frecuencia de fibra relativa (N%) de la Figura 16. Sin embargo, una diferencia importante de ambos gráficos es que el peso relativo del GF de las fibras gruesas (P%1) y la frecuencia de fibra relativa del GF de las fibras gruesas (N%1) difieren entre sí, estando P%1 siempre alrededor de casi un 10% por encima de N%1. O sea que el GF1 tiene mayor incidencia en relación al peso de sus fibras que en relación a la cantidad de esas mismas fibras o, dicho de otra manera, las fibras gruesas llegan a mayor peso aunque sean relativamente pocas. Lo mismo pasa con las fibras finas (GF3) en el otro sentido, ya que representan menos peso, aunque sean una cantidad mayor. El P%1 relativamente más alto explica posiblemente a la curva de DMT<sub>p</sub> que resulta estar un poco por encima de la curva de DMT<sub>n</sub> porque los promedios están ponderados por las frecuencias (Fórmulas 2 y 3, Figura 8).

Respecto a cuáles son las fibras que más aportan al engrosamiento de DMT<sub>p</sub> y DMT<sub>n</sub> se puede confirmar que son las fibras gruesas (GF1), ya que es la curva que aumenta en relación a su peso relativo y frecuencia de fibra relativa (P%1 y N%1), mientras que la presencia de fibras finas (GF3) que baja significativamente según la comparación por KW aporta igualmente al cambio, mientras que las fibras intermedias se mantienen más o menos estables y no registran un cambio de P%2 o N%2 significativos, por lo tanto no aportan mayormente al cambio de DMT. Visualmente las fibras que más inciden en el engrosamiento de DMT son las del GF1, lo cual se puede constatar debido a la forma de las curvas de P%1 y N%1 que sube con la edad y porque N%1 muestra diferencias significativas en los resultados del KW. Este hallazgo en base a la Disección Tripartita no se pudo contrastar con otros datos publicados, pero, salvando las distancias, es lo que se verifica en el hilo confeccionado con fibra de llama descordada y sin descordar (Frank et al., 2012b). En la División 1.2 se discute cuáles son los tipos de fibra que componen al GF1 y, por lo tanto, son las que dan origen al engrosamiento de la fibra de DMT, desde un punto de vista más biológico.

## **1.2. Diámetro medio según tipo de fibra**

En la División 1.1 quedó confirmado que el efecto biológico del engrosamiento existe, pero más allá de eso, queda abierta la pregunta si algunos de los tipos de fibra responden más a ese efecto que otros. La Figura 17 grafica el DM de cada uno de los cinco tipos de fibra, identificados por su médula (DMA, DMF, DMI, DMC y DMG), y su modificación con la edad, o sea que expone el fenómeno del “micron blowout” según tipo de fibra. Debido a las formas de las curvas, se puede observar que el efecto biológico del engrosamiento existe claramente

para todos los tipos de fibra. Los resultados del KW es significativo para todas las 5 variables y el efecto del engrosamiento se estabiliza en la clase de edad 4 o 5 para todos los tipos de fibra en la comparación por KW. La diferencia entre el DM más bajo y más alto es 6,1; 5,3; 9,0; 5,7 y 10,2  $\mu\text{m}$  para las fibras ameduladas y de médula F, I, C y G respectivamente. Se puede concluir que el engrosamiento del DMT se explica más por el engrosamiento de las fibras de médula gruesa, para los cuales el DM sube 10  $\mu\text{m}$ , que por los otros tipos de fibra. El DM de las fibras de médula interrumpida es casi igual de alto con 9  $\mu\text{m}$ , pero, al tratarse de un tipo de fibra de tan reducida frecuencia de fibra (N%I en Figura 18), casi no influye en el DMT. El efecto del diámetro de cada tipo de fibra identificado por su tipo de médula y el diámetro medio total concuerda por lo establecido ya en Frank (2001), revisado y puesto en perspectiva más recientemente (Frank et al., 2019b; Ídem, 2019c). Sin embargo, en relación de la edad el fenómeno era inédito hasta este trabajo.

Se publicó una referencia indirecta respecto a los tipos de fibra presentes en el vellón de alpaca McGregor (2012). En alpacas Huacaya y Suri australianas, la presencia de fibra medulada aumentó de manera lineal de 10 a 60% peso/peso a medida que el DMT medido en el flanco del animal aumentó de 22 a 40  $\mu\text{m}$  (McGregor, 2006). Para alpacas Huacaya y Suri la incidencia de fibra medulada aumentó 3,1 y 2,5% respectivamente para cada 10 kg de aumento en peso vivo. La incidencia promedio de fibra medulada en animales de 5 a 8 años de edad era aproximadamente el doble que en animales de 1 a 4 años. La fibra medulada es más notoria en fibra de alpaca fina, ya que para vellones finos el DM de la fibra medulada es hasta un 40% mayor que el DMT del vellón, mientras que en vellones más gruesos la diferencia entre tipos de fibra baja hasta un 10% aproximadamente (McGregor, 2006). Los coeficientes de las regresiones correspondientes indican que la fibra de alpaca medida para el flanco del animal no tendría medulación si el DMT era 18  $\mu\text{m}$  en Huacaya y 20  $\mu\text{m}$  en Suri. En otra publicación se mostró que, en promedio, el “bordel” de alpaca tiene un 11% más de fibra medulada que la fibra del “lomo” (Aylan-Parker & McGregor, 2002). Por otro lado, el nivel de medulación de alpacas australianas aparentemente es más bajo (McGregor, 2006) que los valores típicos de 65 a 80% que se encontraron para camélidos de América del Sur (Calle, 1984).

La Figura 18 muestra que la estructura de vellón se compone principalmente por 4 tipos de fibra (A, F, C y G) en todas las clases de edad, mientras que las fibras de médula interrumpida (I) mantienen una frecuencia muy reducida siempre. Además, en la Figura 18 se muestra la tendencia de una reducción de la cantidad de fibras ameduladas (N%A) con el incremento de la edad, aunque el resultado del KW es poco definido. Se ve la tendencia de un aumento de la frecuencia de los otros tipos de fibra (N%F, N%C y N%G), aunque el KW no muestra una modificación significativa para N%F y N%C. El aumento de la frecuencia relativa de las fibras



de médula gruesa (N%G) se estabiliza recién en la clase de edad 8 (KW de N%G). Esto indica que, para este tipo de fibras, su frecuencia (N%G) sigue aumentando hasta mayor edad que su diámetro medio (DMG, Figura 17), el cual se estabiliza a los 5 años (KW de DMG).

El resultado de KW es muy significativo respecto a la comparación de las fibras de médula gruesa (N%G) con el incremento de la edad. Al mismo tiempo, es interesante observar que, respecto a la clase de 1, no muestra un cambio significativo hasta la clase de edad 4 o 5, por lo cual se puede considerar que la pérdida de la calidad textil se manifiesta de manera más acentuada a partir de las clases de edad 5 o 6. La tendencia de las fibras de médula continua no queda bien definida a través de la curva de la Figura 18 y es interesante observar que en la Figura 22, en la parte superior que describe el grupo de las fibras gruesas (GF1), se comporta inversamente a las fibras gruesas. Este detalle ya había sido observado en trabajos anteriores (Frank et al., 2006a; Ídem, 2007).

En llamas bolivianas el porcentaje de fibra medulada fue determinado en 43,1% y se encontró un aumento de la medulación con el incremento de la edad (Martínez et al., 1997). En llamas argentinas de la provincia de Jujuy el porcentaje total de fibra medulada fue determinado en 28,3% y también se observó un aumento con el incremento de la edad. Las muestras analizadas provienen de los cinco tipos de vellón y el grado de medulación de fibras de médula continua aumenta hasta la edad 5 y las fibras que no tienen médula continua hasta la edad 6 (Frank et al., 2006a). En la Figura 18 también se grafican a todos los tipos de vellón en conjunto y el porcentaje de fibra medulada es de un 56% en promedio para las primeras tres clases de edad y aumenta con el incremento de la edad hasta un máximo de un 78% en la clase de edad 10.

### ***Grupo de fibras finas (GF3):***

En la Figura 22 (abajo) se muestra el N% de cada tipo de fibra (A, F, I, C y G) para el grupo de las fibras finas (GF3). Se ve claramente que el GF3 está principalmente compuesto por las fibras ameduladas (A) y las fibras de médula fragmentada (F). Esto sigue siendo así, aún con el crecimiento del animal. Hasta la clase de edad 8 la N% de las fibras de médula fragmentada (N%F3) sube, mientras que la N% de las fibras ameduladas (N%A3) baja, o sea que ambas curvas se comportan inversamente. Las fibras de tipo A y F son acompañadas por un porcentaje menor de las fibras de médula continua (C), siendo N%C3 de entre 3 y 10% aproximadamente. Estas fibras tienen un DM (DMC3, Figura 21, abajo) entre 26 y 30  $\mu\text{m}$  hasta la clase de edad 3 y, luego, sube hasta 33,9  $\mu\text{m}$ . Esto concuerda en buena medida con llamas del altiplano jujeño a pesar de la diferencia ambiental, aunque las frecuencias de las fibras A y F no resultaron significativas con el incremento de la edad (Frank et al., 2006b).

En el GF3, las fibras de médula gruesa se mueven en un porcentaje de un 0% en las dos primeras clases de edad hasta un 0,8% en las tres clases de edad más altas. O sea que son casi inexistentes, de hecho, su presencia se puede interpretar también como error de clasificación, porque se trata de fibras de diámetro alto y al implementar la Disección Tripartita no deberían haber sido incluidas en el GF3.

Según los rangos de la Tabla 1, el GF3 incluye a fibras superfinas (19 – 21,9  $\mu\text{m}$ ) y finas (22 – 24,9  $\mu\text{m}$ ) en la primera clase de edad. A esto se le suman fibras de médula continua, que con un DM de 26,0  $\mu\text{m}$  de encuentran sobre el umbral de 26  $\mu\text{m}$  (DMA3 y DMF3 en Figura 21, abajo), pero, tal como se ve en la Figura 22 (abajo), la gran mayoría de las fibras (93%) son fibras superfinas y finas, ameduladas o de médula fragmentada. En las clases de edad 2 y 3, las fibras son finas en su mayoría (DMA3 y DMF3 en la Figura 21, abajo) y la N% de estas fibras, en su conjunto, suman el 93 y 94% respectivamente (N%A3 y N%F3 en Figura 22, abajo). El resto de las fibras son de médula continua y de grosor mediano (25 – 29,9  $\mu\text{m}$ ). Esto estaba verificado anteriormente (Frank et al., 2006a; Ídem, 2014).

La curva del DM de las fibras ameduladas del GF3 (DMA3) graficada en la Figura 21Figura 21 (abajo) es casi idéntica a la curva del DM de la fibras ameduladas de la mecha completa (DMA) de la Figura 17, o sea que las fibras ameduladas del GF3 son las que componen casi el total de las fibras ameduladas contenidas en una mecha. Esto se ve reflejado también por el hecho que el GF1 no contiene fibras ameduladas (Figura 22, arriba) y, además, en el GF2 la cantidad de fibras ameduladas es reducida (Figura 22, centro), a lo cual se suma que la frecuencia de fibra del GF2 (N%2) es reducida de por sí (Figura 16). Con las fibras de médula fragmentada se observa una situación parecida, pero no tan acentuada. Esto se verificó anteriormente en fibras de llamas del altiplano jujeño (Frank et al., 2006a).

#### ***Grupo de fibras gruesas (GF1):***

Analógicamente a esto, se puede decir que la curva del DM de las fibras de médula gruesa del GF1 (DMG1) expuesta en la Figura 21 (arriba) se superpone con la curva del DM de las fibras de médula gruesa de la mecha completa (DMG) de la Figura 17, o sea que el GF1 explica el DM de las fibras de médula gruesa de la mecha completa. El efecto de la edad respecto a la frecuencia relativa de las fibras de médula gruesa y continua dentro del GF1 muestra un comportamiento inverso, ya que mientras que N%G1 sube, N%C1 baja, y viceversa (Figura 22). La parte superior de las Figuras 21 y 22 que está relacionada al GF1, explica la brecha grande entre las curvas de DM1 y DM2 que se observa en la Figura 11, ya que el GF1 solo contiene fibras de médula gruesa y continua (Figura 22) y estas fibras son de elevado grosor (Figura 21).

Las fibras de médula continua son las que están presentes en los tres GF, aunque el DM claramente cambia de menor a mayor entre el GF3 y el GF1, siendo entre 26,0  $\mu\text{m}$  y 33,9  $\mu\text{m}$  para el GF3 (Figura 21, abajo), de valores más altos para el GF2 (Figura 21, centro) y entre 34,7  $\mu\text{m}$  y 40,1  $\mu\text{m}$  para el GF1 (Figura 21, arriba).

#### ***Grupos de fibras gruesas y finas (GF1 y GF3), clasificación y descordado:***

El GF1 por completo se compone por fibras objetables, ya que en su totalidad son fibras gruesas o muy gruesas (Figura 22, arriba), o sea que de este gráfico se extrae la misma información que la de las Figuras 11 y 12 mencionada en la división anterior. Es importante remarcar que eso es así desde la clase de edad 1, o sea que también en el caso de una primera esquila realizada en la clase de edad 1, se debería de analizar la necesidad de implementar el descordado para estos vellones (Seghetti Frondizi, 2014).

En relación al GF2 (gráficos de Figuras 21 y 22, centro) se destaca la gran variabilidad de los tipos de fibra y sus respectivos DM: a diferencia de los GF1 y GF3, se compone por todos los tipos de fibra y estas son de variado diámetro. Durante el proceso de descordado y las sucesivas pasadas por la máquina descordadora habrá que ver cómo se comportan y si son incluidas en el producto o en el subproducto (Singh, 2003).

Respecto al GF3, las partes inferiores de las Figuras 21 y 22, muestran la misma información que las curvas de GF3 de las Figuras 11 y 14, sólo que adicionalmente muestran por cuáles tipos de fibra está compuesto este GF. En el caso de los vellones de los animales experimentales, el GF3 contiene un pequeño porcentaje de fibras de médula continua. La pregunta es, si estas fibras, que son solamente entre 6,4 y 10,0  $\mu\text{m}$  más gruesas que las fibras ameduladas y entre 4,6 y 7,6  $\mu\text{m}$  más gruesas de las fibras de médula fragmentada (Figura 21, abajo), podrán ser separadas durante el proceso de descordado. En este contexto, entonces, se confirma con mucha contundencia la necesidad de clasificar vellones según finura, ya que, a partir de la clase de edad 4, las fibras de médula fragmentada tienen un DM parecido al de las fibras de médula continua en la clase de edad 1 y, en las clases de edad 6 a 8, las fibras ameduladas también se acercan mucho a ese DM, lo cual complicaría todavía más la separación de fibras de médula continua a través del descordado si se mezclaran vellones de diferente finura en un mismo lote de fibra antes del descordado.

#### ***Disección Tripartita:***

La discusión respecto a los diferentes GF y sus características en la implementación de la Disección Tripartita y la formación de los tres GF que implica, tiene sentido práctico, ya que revela información fundamental respecto a la calidad textil de una muestra de fibra (Brodthmann et al., 2018). Además, la Disección Tripartita se destaca por ser un método que, por su

implementación simple, se puede utilizar en un lugar de contexto rudimentario. Se podría hacer además una evaluación aproximada de los DM de cada GF, manualmente a través de la apreciación táctil y a través de la apreciación visual. Otra posibilidad es con la ayuda de un muestrario de mechas de fibras de diferente diámetro y/o de fibras separadas, ya que el ojo humano es capaz de distinguir diferencias de finura de una fibra separada de 2,5 micrómetros o más (Lang, 1947).

Algo importante de recalcar es un descuido que podría ocurrir durante la implementación de la Disección Tripartita: un problema podría ser el de no separar realmente todas las fibras gruesas del grupo de fibras finas. No hay peligro de que fibras del GF1 queden en el GF3, porque son demasiado diferentes, pero podría pasar que fibras del GF2 se pasen por alto y podrían permanecer en el GF3.

### **1.3. Frecuencia de rizo**

Más allá de la hipótesis de este subcapítulo que está relacionada al DM y N%, queda pendiente desarrollar lo determinado en el objetivo específico que es estudiar la estructura de vellón según grupos de fibra y la modificación que produce el incremento de la edad. Para este fin, adicionalmente al DM y N%, se evaluaron otras características de la fibra, las cuales son la frecuencia de rizo (FR), el grupo de rizo (GR) y, brevemente, el largo de fibra (L). La FR y el GR son características fundamentales de la fibra en el momento de implementar la Disección Tripartita y asignar cada fibra a un GF, ya que muestran el tipo de ondulación. Siendo esta característica la más llamativa durante la apreciación visual de las diferentes fibras, es aún más importante que la finura o el largo de fibra. La Figura 23 muestra una buena diferenciación de los 3 GF según la FR, lo cual confirma el acierto de haber pensado en una disección que desglosa la mecha en 3 GF. Se ve un comportamiento curvilíneo del GF3, hay menor cambio en el GF2 y no se percibe cambio en el GF1. No hay referencias bibliográficas disponibles respecto al cambio de rizo por grupos de fibra.

### **1.4. Grupos de rizo**

El grupo de rizo (GR) es un factor esencial para definir la homogeneidad de la fibra de llama como materia prima y, por lo tanto, su calidad como fibra textil, ya que los tipos de ondulación que muestran las fibras de llama son muy distintas y, en parte, están relacionadas a la finura de las fibras. Por ejemplo, las fibras de GR1 y GR2 siempre son superfinas o finas, las fibras del GR3 aumentan algo en grosor y las fibras del GR4 siempre son gruesas, con excepción de las fibras de los tipos de vellón HL y L. Por lo tanto, el GR4 tiene una fuerte relación con la determinación de las fibras objetables. Esto es importante considerarlo a la hora del descordado porque está demostrado el efecto sobre la eficiencia del mismo debido a la frecuencia de rizo de las fibras finas (McGregor & Butler, 2008b).

Las diferencias que se marcan según TV se observan respecto a GF2 y GF3, lo cual se ve detallado en la tercera y cuarta columna de Tabla 2. Para resumir, se puede decir que los tipos de vellón DC y CI son muy parecidos respecto al GR. Inclusive el vellón SC se comporta parecido, solo con una tendencia hacia un GR con un poco más de rizo. En cambio, los vellones HL y L difieren de los TV no lustre. Para el vellón L, el GF2 se define casi solo por el GR4. Y el GF3 se compone por fibras del GR3 y GR4 en partes casi iguales. El vellón HL se comporta prácticamente igual al vellón L, sólo con una leve variación de los porcentajes de cada GR para el GF3, mostrando un poco más de GR3 que GR4 (Frank, 2001; Frank et al., 2007; Ídem, 2019a). Esto confirma que, para lograr materia prima más homogénea, es conveniente implementar la clasificación según TV y juntar vellones DC, CI y SC por un lado y vellones HL y L por otro. El efecto de la edad no es bien perceptible en los tipos de rizo y sus frecuencias, sin embargo, en ovinos Merino se registra una disminución de rizos hacia la edad 3 en una forma curvilínea, pero en relación a la curvatura (grados/mm) se establece un descenso lineal hasta la edad 5 (Sumner & Upsdell, 2001). Esto se podría estar reflejando en el aspecto visual más compacto de las mechas correspondientes a animales de mayor edad.

### **1.5. Largo de fibra**

El largo de las fibras del GF1 (L1) desciende significativamente con el incremento de la edad. Lo mismo sucede respecto a GF2 y GF3 (L2 y L3), bajando, no obstante, a un largo promedio de 8 cm, todavía suficiente para su procesamiento textil. El largo de fibra de la primera clase de edad es el más elevado. Esto se explica por el crecimiento rápido de la fibra en sí, a lo cual se suma que en algunos de los vellones la primera esquila posiblemente no se realizó al año de edad sino más en adelante.

La reducción del largo de fibra con el incremento de la edad del animal se estabiliza en la clase de edad 5. Este efecto se observa para las fibras de los 3 GF por igual. Las fibras gruesas (GF1) de una mecha son claramente más largas que las fibras finas (GF3). De todas maneras, el largo de las fibras finas siempre mantiene un valor por encima de 7 cm. Esto se confirmaba en alpacas (McGregor, 2006).

### **1.6. Concordancia de las bases de datos experimental y observacional**

Por las condiciones dadas en el área de la producción de fibra de llama, es común realizar investigaciones a través de la observación de poblaciones, o sea el trabajo con tropas de criaderos de diferentes lugares que producen fibra de llama bajo diferentes circunstancias. Para armar una base de datos observacional se observa la estructura poblacional, se toman muestras de fibra y se registran las demás características. La base de datos observacional del Laboratorio de Fibras cuenta con un  $n$  muy grande de más de 2000 animales, sus datos

proviene de diferentes tropas y de circunstancias productivas parecidas a la de la mayoría de los criaderos, por lo cual se puede considerar representativa para la población de llamas argentinas en general. Es una base de datos que reúne muchos detalles en el estudio de la estructura poblacional, pero tiene una limitante típicamente relacionada a tropas observacionales, la cual es que no se cuenta con la posibilidad de garantizar un seguimiento continuo durante varios años de un mismo animal, ya que este por ejemplo puede ser vendido, faenado o puede perder la identificación individual.

Por esta razón, era pertinente trabajar con una tropa de llamas experimental y proporcionar materiales necesarios para el desarrollo de esta tesis, o sea para contar con un registro de nacimientos, seguir a varios animales desde su primer año de vida y tener la posibilidad de tomar una muestra de fibra año tras año. Así se creó la base de datos experimental de animales identificados de manera segura y con garantía de que permanezcan en la tropa.

El problema de esta base de datos es el  $n$  bajo: solamente participaron 20 animales en la toma de muestra anual y para las primeras y últimas clases de edad el  $n$  es aún menor porque no todos los animales fueron muestreados desde su primer año de vida y no todos hasta los 11 años de edad. Además, los resultados no son directamente trasladables al resto de la cría de llamas en Argentina, ya que las circunstancias de la tropa experimental son particulares, especialmente en relación a la alimentación. O sea que la información revelada es válida para estos animales, pero no ofrece representatividad para la población de llamas en general. Por eso, en la División 1.6 se comparan las bases de datos experimentales y observacionales en relación a los DMT y otras variables para evaluar si se puede verificar su concordancia.

La Figura 25 grafica la modificación del perímetro torácico con el incremento de la edad a través de una regresión cuadrática. Las dos curvas se comportan igual respecto a su recorrido y ambas tienen su punto máximo en la clase de edad 6, lo cual es un buen fundamento para confirmar la concordancia de ambas poblaciones. Lo único que varía es que la curva de los datos experimentales marca un perímetro torácico superior que la curva observacional, con una brecha de aproximadamente 10 cm. Esto indica que la tropa experimental es de animales más grandes o de mejor condición corporal. De hecho, las circunstancias alimenticias de la tropa experimental son particulares, porque se trata de un pastizal natural denso que incluye a muchas especies forrajeras de alto valor proteico como, por ejemplo, el trébol blanco y el clima cuenta con bastante precipitación. Esto difiere de las circunstancias de las tropas observacionales de las cuales solamente una se encuentra en circunstancias similares a las de la tropa experimental, mientras que las otras dos tropas se encuentran en zonas semiáridas (Anónimo, 2005).

Para las clases de edad 1 a 6, las curvas de DMTv y DMTvo coinciden en su tendencia y los dos valores correspondientes a la clase o categoría de edad 6 se superponen, por lo cual el valor de DMTv queda solapado por el de DMTvo. A partir de la clase o categoría de edad 7 se comienzan a separar las dos curvas, pero, de todas maneras, ambas curvas muestran el mismo efecto biológico, comenzando con un DM inicial bajo, que aumenta hasta cierta edad y se estabiliza. Esto queda confirmado por los resultados de los dos KW que muestran letras parecidas, sólo que para los datos experimentales la estabilización se produce un año después que para los datos observacionales, o sea DMTvo y DMTv se estabilizan a los 4 y 5 años respectivamente. La edad del animal en la cual se produce el valor máximo del DMT varía dependiendo de diferentes fuentes bibliográficas. Para alpacas australianas se reportó que el DMT aumentó hasta los 7,5 años de edad (McGregor & Butler, 2004) y para llamas argentinas hasta los 4 años (Frank et al., 2006a).

La curva del DMTv de los animales experimentales queda estabilizada pero no comienza a bajar durante las clases de edad graficadas, mientras que el DMTvo de los animales observacionales baja rápidamente a partir de los 7 años. Las letras de ambos KW se mantienen iguales hasta la clase de edad 8, pero para la categoría de edad 9 de DMTvo aparece la letra "B" que indica la reducción de DMTvo al final de la curva (Figura 26). O sea que, respecto al DMT se puede confirmar la concordancia hasta los 8 años de edad.

En la literatura existe un común denominador que describe y confirma el aumento del DMT, pero se registran diferencias respecto a la edad en la que se produce el máximo grosor. Se puede concluir que el "micron blowout" existe como efecto biológico, pero que, según la tropa de llamas, puede diferir el año de vida del animal en el que se da el máximo DMT.

La curva de DMTvo ajustada a un polinomio de segundo grado ( $R^2=0,48$ ) tiene su máximo a los 5,7 años según la primera derivada calculada. Tal como se especificó en la División 1.1, la curva de DMTv se ajusta a un polinomio de segundo grado ( $R^2=0,30$ ) cuya derivada primera igualada a cero da un máximo de 8,8 años, o sea 3,1 años más tarde. El corrimiento del punto máximo de la curva de los datos experimentales (DMTv) respecto a los datos observacionales (DMTvo) se origina en las fibras gruesas, ya que la derivada primera igualada a cero da su máximo a los 10,0 años para el GF1 (DM1), mientras que para los GF2 y GF3 el máximo se da a los 8,1 y 8,7 años respectivamente (DM2 y DM3). Además, para las fibras ameduladas y las fibras de médula fragmentada e interrumpida, los puntos máximos de las curvas ajustadas a un polinomio de segundo grado se dan a los 8,5; 7,6 y 8,8 años respectivamente (DMA, DMF y DMI), mientras que para las fibras de médula continua y gruesa este máximo se da a los 10,2 y 12,8 años respectivamente (DMC y DMG). Nuevamente, las fibras más gruesas, que son las de médula gruesa ("lattice"), muestran el mayor corrimiento del máximo hacia una

clase de edad mayor. Este análisis confirma que el DM del tipo de fibra que más difiere entre la base de datos experimental y observacional es el tipo de fibra de médula grande.

De acuerdo a los resultados del Test de Kruskal Wallis (KW), los valores de DM1 y DM3 muestran el primer indicio de bajar en la clase de edad 11 (Tabla de la Figura 11). El fenómeno de la reducción del DM de la fibra del animal viejo de la tropa experimental también se confirma visualmente por las curvas graficadas de DMTp, DMTn, DM1, DM2, DM3 (Figura 8, Figuras 12 a 14) y los DM relacionados a los tipos de fibra (Figura 17), en las que se muestra una reducción de los respectivos DM en la última clase de edad.

Interesante es tomar un paso más hacia el detalle de los tipos de fibra y la modificación de sus respectivos DM con el incremento de la edad. Para los datos experimentales estos fueron graficados en la Figura 17 (DMA, DMF, DMI, DMC y DMG) cuyo contenido se repite en la Figura 27. En esta última figura se agrega el DM según tipo de fibra de los animales observacionales (DMAvo, DMFvo, DMIvo, DMCvo y DMGvo) para comparar las curvas respectivas. Esta comparación se realizó emparejando las curvas del mismo tipo de médula, por ejemplo, las curvas de DMA y DMAvo, DMF y DMFvo, etc. Estas curvas emparejadas de los datos experimentales y observacionales se acercan mucho o inclusive se superponen en su recorrido. Además, se observa una gran concordancia en relación a la secuencia escalonada de las curvas que corresponden al mismo tipo de médula, comenzando con valores bajos para el DM de las fibras ameduladas (DMA y DMAvo) y llegando hasta valores altos para el DM de las fibras de médula gruesa (DMG y DMGvo). La excepción es una única clara diferencia que se produce para las fibras de médula gruesa a partir de la clase de edad 8. Se puede concluir, que el corrimiento del máximo del engrosamiento hacia una clase de edad mayor que se observa para DMTv respecto a DMTvo (Figuras 26 y 8) se debe a la diferencia del DM de las fibras de médula gruesa de ambas bases de datos (DMG respecto a DMGvo).

Se puede hipotetizar que los animales experimentales están tan bien alimentados, con forrajes ricos en proteínas, que pueden mantener un crecimiento sostenido de las fibras más gruesas, o sea de las fibras de médula gruesa, mientras que animales que viven bajo circunstancias de forraje más limitado esto ya no es posible a partir de cierta edad. Queda abierto si esto es una apreciación acertada o no, pero se puede concluir que, para los tipos de fibra de médula gruesa, a partir de los 8 años las dos bases de datos no muestran concordancia.

A través de lo evaluado en las Figuras 25 a 27 se puede resumir que, con la excepción de las fibras de médula gruesa de la clase de edad 8 en adelante, se comprobó la concordancia de las bases de datos experimental y observacional.



### 1.7. Evaluación final

Los resultados del Subcapítulo 1 confirman una modificación de la estructura de vellón con el incremento de la edad que empeora la calidad textil de la fibra de llama. Para avanzar en la determinación de posibles soluciones a esta situación, en el Subcapítulo 2 se analiza la posibilidad de rectificar este efecto de la edad a través del procesamiento textil del descordado y, así, lograr una puesta en valor de la fibra de llama para la cadena textil.

Para comprender la estructura de vellón de llama y la morfología de los 3 GF es útil observar a todas las variables a la vez, o sea mirando a un GF a lo largo de todas las figuras de manera transversal. Por ejemplo, una lectura transversal en relación a las fibras finas (GF3) revela para la clase de edad 1 que este GF se compone por fibras superfinas de un DM de 20,6  $\mu\text{m}$  (DM3 en Figura 14, Tabla 1), de 10,8 cm de largo (L3 en Figura 24), que en un 93% son ameduladas o de médula fragmentada (Figura 22, abajo), siendo las fibras ameduladas de mayor presencia, que tienen una frecuencia de rizo relativamente alta de 2,1 ondulaciones/cm (FR3 en Figura 23) y que representan el 68% del peso de la mecha (P%3 en Figura 15). El peso de las fibras gruesas de la clase de edad 1 es del 23% (P%1 en Figura 15).

El efecto de la edad sobre el GF3 se revela haciendo esta misma lectura para una clase de edad más alta. Por ejemplo, para la clase de edad 3, este grupo de fibras incluye a fibras finas de un DM de 23,5  $\mu\text{m}$  (DM3 en Figura 14, Tabla 1), de 9,2 cm de largo (L3 en Figura 24), que en un 96% son ameduladas o de médula fragmentada (N%A3 y N%F3 en Figura 22, abajo), que tienen una frecuencia de rizo alta de 2,8 ondulaciones/cm (FR3 en Figura 23) y que representan el 70% del peso de la mecha (P%3 en Figura 15). El peso de las fibras gruesas se mantuvo casi igual que en la clase de edad 1 y es de un 21% (P%1 en Figura 15).

Se observa un cambio en la calidad textil respecto a la clase de edad 1, siendo la calidad de las fibras finas de esa clase de edad 1 claramente más alta. Pero, a la vez, se puede confirmar que las fibras finas de la clase de edad 3 siguen siendo de buena calidad textil, por lo cual se puede considerar que la selección de vellones de animales de hasta 3 años de edad podría ser un buen criterio rudimentario para seleccionar vellones para ser procesados juntos y, así, lograr una primera aproximación a lo que podría ser una clasificación de vellones según finura para lograr materia prima de mejor calidad textil. De todas maneras, existen vellones de animales más jóvenes que son de calidad textil peor y vellones de animales de edad mayor que son de calidad textil mejor.

Al observar la estructura de vellón para la clase de edad 7, se ve que el GF3 se compone por fibras medianas de un DM de 26,5  $\mu\text{m}$  (DM3 en Figura 14, Tabla 1), de 8,0 cm de largo (L3

en Figura 24), que tienen una frecuencia de rizo alta de 2,8 ondulaciones/cm (FR3 en Figura 23) y que representan el 58% del peso de la mecha (P%3 en Figura 15). El tipo de fibra se mantuvo en un porcentaje alto de fibras ameduladas o de médula fragmentada, en un 94% (N%A3 y N%F3 (en Figura 22, abajo), pero invirtiendo la presencia de este tipo de fibras a un porcentaje mayor de fibras de médula fragmentadas. Además, la presencia de fibras del GF1 aumentó respecto a las primeras clases de edad, hasta el valor de 31% (P%1 en Figura 15).

Haciendo una lectura de los resultados de los Test de Kruskal Wallis (KW) del Subcapítulo 1, también indica que la inclusión de vellones de animales de hasta 3 años de edad podría ser una buena opción para lograr la materia prima deseada. Por ejemplo, en la Figura 11, el KW muestra un resultado sin diferencia significativa para DM1 y DM3 respecto a las primeras 3 clases de edad. Esto se repite para DMA y DMG respecto a las primeras 3 clases de edad (Figura 17), aunque para DMF y DMC esto es así solamente para las primeras 2 clases de edad. Se todas maneras, estos resultados fundamentan la elección de los materiales del Subcapítulo 3, en el que se utilizaron los datos de animales de hasta 3 años de edad únicamente.

Tal como fue descrito en la División 1.1 respecto a las fibras finas, a partir de la clase de edad 6 es cuestionable si un descordado tiene sentido debido a un aumento del DM de las fibras finas (DM3). Pero la edad del animal es solamente un dato orientativo, porque lo que define la calidad textil de un vellón es específicamente el valor de DM3 que puede ser mayor o menor con la misma edad, dependiendo de la genética del animal.

En el Subcapítulo 1 no se avanzó respecto a la diferenciación de las características de la estructura de los diferentes TV. Para cada TV había una cantidad de datos muy baja y resulta más pertinente acceder a otra base de datos para la evaluación según TV. Esto se lleva a cabo en el Subcapítulo 3, en el cual las diferencias de los diferentes TV se discuten a fondo como para proveer un fundamento útil para la toma de decisión relacionada al manejo de vellones de diferente tipo.

## **2. Efecto del descordado sobre la estructura de fibra de llama**

En el Subcapítulo 1 se describe el fenómeno del engrosamiento de la fibra de llama con el incremento de la edad y el próximo paso es buscar posibles soluciones a este problema. Más allá de los detalles de hasta cuál DM aumenta el grosor de la fibra y a hasta cuál edad se produce, la consecuencia es la desvalorización de la fibra por el aumento del DM y el aumento del factor de picazón. En el caso de prendas de punto está la referencia del umbral del 3% de fibra gruesa expresado en peso/peso (peso de fibra gruesa/peso total de fibra) (Frank et al.,

2014). Entonces, existe la necesidad de separar las fibras más gruesas u objetables. Esto significa reducir la variabilidad que muestra la fibra de llama respecto a su diámetro, o sea que, más allá de apuntar a una reducción del DMT, significa también lograr materia textil más homogénea y una distribución de DM que no incluye fibras de diámetro demasiado altos correspondientes a las fibras objetables. La pregunta que queda pendiente a determinar es, si el descordado es eficiente para corregir el efecto del aumento del diámetro por el incremento de la edad.

La cantidad de vellones que estaban a disposición para hacer los ensayos para este subcapítulo es reducida, pero, de todas maneras, los resultados respectivos tienen un valor orientativo y forman una base para contribuir durante la toma de decisión ante una eventual implementación del descordado de un lote de fibra. Además, se posee respaldo bibliográfico que permite constatar la eficiencia de la tecnología utilizada, en el sentido de la posible repetibilidad de la eficiencia del proceso si se lo ejecuta industrialmente.

Respecto a cómo lograr un menor DMT entre edades existen dos posibilidades fundamentales, el método genético por un lado y la implementación del descordado por otro. El método genético implica seleccionar los animales de cría dándole prioridad a animales de vellón fino y de un reducido engrosamiento con el incremento de la edad, más que nada al seleccionar el macho reproductor para el empadre y de esa manera, lograr reducir el incremento del diámetro de fibra de la tropa con la edad de los animales. Sin embargo, para alpacas peruanas se determinó que sería difícil obtener una mejor genética rápida a través de la selección de animales a favor de un “micron blowout” reducido (Munyard & Greeff, 2013). El problema genético de la reducción del engrosamiento por la edad es la baja heredabilidad del carácter (0,18) que implicaría una respuesta a la selección muy lenta (Munyard & Greeff, 2013). Por otro lado, en una investigación realizada con alpacas australianas relacionada al “micron blowout” y la selección de animales se concluyó que existe una oportunidad para mejorar el DMT y el CV de la fibra de alpaca con la selección, pero sin cuantificar el método (McGregor & Butler, 2004).

De todas maneras, también hay que tener en cuenta que la prioridad para cada criador de llamas es diferente y no necesariamente se implemente una selección a favor de animales de vellón fino y de “micron blowout” reducido, ya que la llama es un animal de múltiples propósitos. La llama se describe como elemento importante de la identidad cultural y principal medio de subsistencia para pequeños productores de los Andes centrales de Sudamérica, incluyendo a la Argentina, que provee carne, leche, fibra, energía de transporte y guano (Quispe et al., 2009). Además de estos propósitos tradicionales existen los propósitos desarrollados más recientemente, como por ejemplo las actividades turísticas, o sea como

animal de vista o para trekking y caminatas acompañadas por llamas, e inclusive como animal entrenado para actividades con fines terapéuticos.

Por lo tanto, es pertinente indagar en soluciones para lograr mayor finura independientemente del método relacionado a una mejora genética y que permitan producir la materia prima deseada a partir de la población de llamas tal cual es. Una posible medida para lograrlo es la implementación del descordado, que permita reducir el contenido de fibras objetables a los niveles tolerables para que no produzca picazón y reducir el diámetro medio (Frank et al., 2014; Ídem, 2019c). El entendimiento de los mecanismos que actúan durante el procesamiento textil del descordado y que resultan en la separación de los diferentes tipos de fibra está justificado a partir de la teoría del descordado (Singh, 2003).

### **2.1. Diámetro medio total y diámetro medio según grupos de fibra (GF)**

En relación al efecto del descordado, en la Figura 28 se muestra la tendencia del diámetro medio total (DMT) en sus dos variantes, DMTpd y DMTnd. A medida que la fibra pasa por la máquina descordadora (AM2) durante las sucesivas pasadas, la curva muestra una fuerte reducción del DMT para las primeras 3 pasadas, luego la reducción es menor y muestra la tendencia de estabilizarse en la octava o novena pasada. Después de las primeras 3 pasadas por la AM2, el DMTnd baja 3,4  $\mu\text{m}$  (de 29,3 a 25,9  $\mu\text{m}$ ), comportamiento que concuerda con los descordados de Cachemira en Australia (Singh, 2003; McGregor, 2018) y es ligeramente distinto a lo observado en ensayos anteriores en fibra de llama con la tecnología AM2 (Frank et al., 2009). Después de 7 pasadas adicionales se logra bajar el DMTnd solamente 1,0  $\mu\text{m}$  más (hasta 24,9  $\mu\text{m}$ ), o sea en total 4,4  $\mu\text{m}$  con respecto al DMT original. Los resultados del Test de Kruskal Wallis (KW) muestran que la reducción del DMT se estabiliza a partir de la sexta pasada. La reducción del DMT a través del descordado se confirmó a través de los resultados del KW, ya que son altamente significativos. Por lo tanto, queda confirmada la veracidad de la segunda hipótesis específica, respecto a una mejora de la calidad textil en relación a la reducción del DMT.

En un ensayo de descordado de top de alpaca con la tecnología AM2 se comprobó que el DMT bajó relativamente poco, de 22,4 a 21,9  $\mu\text{m}$ , mientras que el porcentaje de fibra objetable (peso/peso) y el contenido de fibras  $>30 \mu\text{m}$  bajaron más notablemente, de 4,88% y 9,1% a 2,2% y 3,6% respectivamente (Frank et al., 2019b). Esto confirma dos conceptos: por un lado, que inclusive materia prima fina puede ser mejorada a través del descordado, ya que se reduce el contenido de fibras gruesas y, por otro lado, que más allá de la reducción del DMT de vellones gruesos a través del descordado, es importante prestar atención a la reducción de las fibras objetables específicamente. En el caso de un top, la materia prima original en forma de vellón ya pasó por el primer paso del procesamiento textil que es el cardado y en el

cual se elimina una pequeña parte de las fibras objetables por caer en el bajo carda. Aun así, este top contenía una cantidad de fibras objetables más alta de lo requerido para no causar picazón, la cual pudo ser reducida a un nivel por debajo del nivel deseado del 3% a través del descordado con 6 pasadas.

En Frank et al. (2018) se concluyó que, para el descordado de fibra de Cabras de Cachemira de Patagonia con la tecnología AM2, lo óptimo sería no exceder a las 4 pasadas y que con esta cantidad de pasadas se obtuvo una calidad apropiada de Cachemira para requerimientos internacionales. Es esperable que para fibra de Cabras de Cachemira se obtenga el producto de descordado con una cantidad menor de pasadas que para fibra de alpaca, ya que en el caso del Cachemira existe una mayor diferencia de diámetro, rigidez y crimpado entre las fibras finas y gruesas, lo cual facilita el efecto del descordado (Wang et al., 2008).

Queda abierto discutir cómo exactamente se produce el efecto del descordado y cómo modifica la estructura de fibra, por ejemplo, es importante tener en cuenta que con el descordado no se trata únicamente de reducir el DMT, sino también reducir la presencia de fibras objetables, lo cual se discute más en adelante. O sea que, determinar una mejora de la calidad textil únicamente a través del DMT sería demasiado simplista, porque se trata de reducir la variabilidad inherente a la fibra de llama, es decir mejorar la calidad textil significa aumentar la homogeneidad. Por lo tanto, es pertinente discutir la reducción del DMT en el contexto que permite la Disección Tripartita, diferenciando los tres GF, especialmente la reducción del GF1 correspondiente a las fibras gruesas u objetables. Además, en esta tesis, la evaluación del efecto del descordado sobre la estructura de fibra también incluye a otras variables, por ejemplo, el grupo de rizo de las fibras como para dar respuesta al segundo objetivo específico.

Igual que en el gráfico correspondiente del Subcapítulo 1 (Figura 8), el DMT ponderado por peso se encuentra por encima del ponderado por frecuencia de fibra, pero, más allá de eso, ambas curvas muestran la misma tendencia. Lo que llama la atención es que las curvas de DMT<sub>pd</sub> y DMT<sub>nd</sub> convergen en la décima pasada. Parecería ser que a medida que el contenido de fibras gruesas cae (P%<sub>1d</sub> y N%<sub>1d</sub> en Figuras 33 y 36 respectivamente) y, por lo tanto, su injerencia en DMT<sub>p</sub> y DMT<sub>n</sub> es cada vez menor (Fórmulas 2 y 3), ambos valores se superponen cada vez más. En una recopilación de 52 lotes descordados de Cachemira australiana la diferencia entre las medidas es del 70%, resultando igualmente más alto el de p/p, mientras que, en otro ensayo, el autor también encuentra igual diferencia aun cuando el contenido de fibra objetable original era mayor (McGregor, 2018). Otra concordancia es una variabilidad alta de las variables, con un desvío estándar de igual magnitud que la media, lo

cual no califica bien a estas variables para usarlas en la interpretación del fenómeno (Frank et al., 2009).

En la Figura 29 se muestran las curvas del DM del producto y del subproducto (DMTnd y DMTns), las dos a la vez, como para evidenciar la efectividad del descordado y la hipótesis específica del segundo subcapítulo, ya que muestra bien como la curva del subproducto tiene un DM claramente más alto que la del producto, o sea que siempre contiene fibras más gruesas. De esa manera se evidencia la modificación de la estructura de fibra en el producto hacia un DMT reducido, lo cual equivale a una mejora de la calidad textil de la fibra.

Más allá de esto, queda abierto evaluar si la reducción del DMT siempre garantiza la obtención de la calidad textil del producto de descordado de calidad suficiente y adecuada para elaborar prendas finas. Esto queda demostrado con la curva de DMTpd que desciende por debajo de la línea de 26  $\mu\text{m}$  en la pasada 7 y DMTnd en la pasada 4 (Figura 28). El subproducto graficado en la Figura 29 queda por encima de los 30  $\mu\text{m}$  hasta la pasada 7 y, a partir de ahí, solo desciende a los 28  $\mu\text{m}$ . Esto indica que también depura de fibras intermedias (GF2) en coincidencia con Wang et al. (2008). Además, queda pendiente determinar si dentro de la distribución del DM queda incluido un porcentaje demasiado alto o no de fibras objetables.

#### ***Grupo de fibras finas (GF3) y su DM en la materia prima antes de ser descordada:***

Para aclarar algunos aspectos relacionados a las fibras finas, o sea las fibras deseadas para la elaboración de prendas finas, y cómo lograr aumentar su presencia en el producto de descordado, es útil desarrollar algunas consideraciones que combinen lo visto en el Subcapítulo 1 con los resultados del Subcapítulo 2. La curva de DMTnd de la Figura 28 se repite en la Figura 30 para mostrarla en el contexto de los DM de los tres GF (DM1d, DM2d y DM3d). El diseño de este gráfico es análogo a la Figura 11 del Subcapítulo 1, en el sentido que muestra el DMT junto al DM de cada GF. Pero hay que tener en cuenta que la analogía entre la Figura 11 y la Figura 30 existe solamente para la pasada 0 (cero), porque esa es correspondiente al vellón completo antes de ser descordado. A partir de que el vellón entra al procesamiento de descordado, o sea a partir de la primera pasada, la estructura de vellón se transformó y pasó a formar una estructura diferente que se describe con la estructura de fibra que tiene la fibra que se encuentra dentro del procesamiento textil.

Para resumir, hay que destacar que, para la pasada 0 el DM de las fibras finas (DM3d en Figura 30) es análogo al de las fibras finas de los animales experimentales (DM3 en Figura 11) y DMTnd (Figuras 28 y 30) es análogo a DMTn (Figuras 8 y 11). Pero, lo que expresa la Figura 30 a partir de la pasada 1 en adelante ya es distinto, porque en el caso de los animales experimentales y la Figura 11, el GF3 siempre sigue siendo una parte del vellón completo, la

cual se toma como equivalente al producto de descordado, mientras que el GF3 de la Figura 30 es simplemente una parte de ese producto de descordado. Entonces, a partir de la primera pasada DM3d y DM3 ya no son análogos uno al otro, sino que el grupo de las fibras finas de vellones en su estado original y completo (DM3 en Figura 11) pasa a ser análogo al diámetro medio total del producto de descordado (DMTnd en Figura 28), porque, lógicamente, son justamente esas fibras finas de un vellón con su DM3 las fibras que terminan acumulándose en el producto de descordado que tiene su DMTnd. La analogía de DM3 en Figura 11 con DMTnd en Figura 28 se vuelve más contundente a medida que el descordado sea más completo y en el producto de descordado remanezcan únicamente las fibras finas de los vellones descordados. En el gráfico de la Figura 28 esto correspondería al DMTnd de las pasadas 8 a 10, pero con la limitación que en este ensayo no se pudieron separar a fondo todas las fibras gruesas, o sea que el grupo de fibras finas de producto de descordado (P%3d en Figuras 33 y 34) no constituye el 100% de las fibras sino un valor alrededor del 90%.

Pero más allá de eso, la idea de observar las Figuras 11 y 28, a la vez, tiene como objetivo aclarar mejor el potencial del efecto del descordado. Por ejemplo, ¿qué sucedería si se llevaran a descordar los vellones graficados en la Figura 11 para las clases de edad 1 a 3 por separado? ¿Qué sucedería si fueran los vellones de las clases de edad 4 a 7 o de las clases de edad 8 a 10? Estos podrían ser tres lotes diferentes de materia prima que se llevan a descordar. Los DMTn de los vellones a descordar serían alrededor de 26  $\mu\text{m}$  para el primer caso, entre 28 y 31  $\mu\text{m}$  aproximadamente para el segundo caso y alrededor de 32  $\mu\text{m}$  para las clases de edad 8 a 10 (Figura 11). Suponiendo un descordado de estos tres lotes de vellones por separado, en tres ensayos diferentes, el DMTn de cada lote correspondería al DMTnd en la pasada 0 de Figura 28.

Luego, al descordar estos vellones, su grupo de fibras finas (DM3 en Figura 11) son los que se acumularán en el producto de descordado (DMTnd de las pasadas 8 a 10 en Figura 28). O sea que, si se divide la curva de DM3 de la Figura 11 en 3 partes, las clases de edad 1 a 3 tienen un DM3 de alrededor de 22  $\mu\text{m}$ , las clases de edad 4 a 7 un DM3 de alrededor de 26  $\mu\text{m}$  y las clases de edad 8 a 10 un DM3 de alrededor de 27  $\mu\text{m}$  (Figura 11). Las fibras con estos DM3 respectivos pasan a formar el producto de un eventual descordado con un DMTnd (Figura 28) de alrededor de 22  $\mu\text{m}$ , 26  $\mu\text{m}$  y 27  $\mu\text{m}$  respectivamente y queda bien claro cuáles vellones tienen mayor capacidad de proveer un producto de descordado de alta calidad textil. Esto es el fundamento para destacar la necesidad de encontrar e implementar un proceso que permita llevar a descordar únicamente los vellones que lo ameriten. Al respecto se evaluará la clasificación de vellones según finura en el Subcapítulo 3.

### ***Grupo de fibras finas (GF3) y su DM como característica de la estructura de vellón:***

El conjunto de los 16 vellones utilizados para el ensayo de descordado constituye un posible lote de fibra comercializado, destinado a la industria textil y, respecto al DMT, tiene un valor parecido a los vellones de los animales experimentales en la clase de edad 5:

DMTnd = 29,3  $\mu\text{m}$  en la pasada 0 (cero) (Figura 28 y 30) y

DMTn = 29,1  $\mu\text{m}$  en la clase de edad 5 (Figura 8 y 11).

Pero, la estructura de vellón de los vellones utilizados para el ensayo de descordado difiere un poco a la de los vellones de los animales experimentales, ya que las fibras gruesas son más gruesas que las de esa clase de edad y las fibras finas más finas:

DM1d = 46,7  $\mu\text{m}$  en la pasada 0 (cero) (Figura 30 y 31) y

DM1 = 43,2  $\mu\text{m}$  en la clase de edad 5 (Figura 11).

DM3d = 24,6 en la pasada 0 (cero)  $\mu\text{m}$  (Figura 30 y 31) y

DM3 = 25,6  $\mu\text{m}$  en la clase de edad 5 (Figura 11).

Esto significa que, tomando las fibras finas como referencia (GF3), por ser el GF correspondiente al producto de descordado, el lote de vellones descordados corresponden a la clase de edad entre 3 y 4 de los animales experimentales:

DM3d = 24,6 en la pasada 0 (cero)  $\mu\text{m}$  (Figura 30 y 31) y

DM3 = 23,5 y 25,1  $\mu\text{m}$  en las clases de edad 3 y 4 respectivamente.

Esto es importante diferenciarlo, porque lo que determina el potencial de un lote de fibra es la finura del GF de fibras finas, no el grosor de las fibras gruesas. Si las fibras gruesas son más gruesas es secundario, porque estas, de todas maneras, se van a separar del lote de fibra durante el descordado. Inclusive puede ser mejor que sean más gruesas, porque una mayor diferencia en diámetro entre fibras gruesas y finas aumenta la descordabilidad (Wang et al., 2008).

### ***Grupo de fibras finas (GF3) y su DM en el producto de descordado:***

Respecto al grupo de fibras finas (GF3), se observó, que la curva de DM3d graficada en la Figura 30 baja solamente poco, en total 1,1  $\mu\text{m}$ , tomando como referencia el punto más bajo de la curva de DM3d que se produce en la pasada 8 y en la que tiene un valor de 23,5  $\mu\text{m}$ . Al finalizar la segunda pasada DM3d marca 0,7  $\mu\text{m}$  menos que el valor inicial, baja de 24,6 a 23,9  $\mu\text{m}$ . Después, DM3d se mantiene entre 23,5 y 24,0  $\mu\text{m}$  hasta finalizar la pasada 10. Tomando el promedio de las pasadas 2 a 10 de 23,9  $\mu\text{m}$  como referencia, DM3d se reduce 0,7  $\mu\text{m}$ . Entonces, es importante remarcar que el efecto del descordado sobre la estructura de fibra relacionada a las fibras finas y su DM es muy limitado, lo cual se confirma con el resultado del KW no significativo. Esto está en acorde al resultado de un estudio australiano



respecto del descordado de fibra de Cachemira el cual confirmó que el DM del Cachemira en el producto de descordado, o sea la parte de las fibras finas del vellón original, no cambió de manera apreciable a medida que se realizan las sucesivas pasadas del proceso de descordado (McGregor, 2018). Se confirman dos conceptos: por un lado, que las fibras finas tienen cierto DM que prácticamente no se reduce por el descordado y, por otro lado, que “la Disección Tripartita funciona”, porque si de un lote de fibra se vuelve a separar el grupo de fibras finas (GF3) una y otra vez, o sea que se mide “siempre lo mismo”, lleva “al mismo resultado”. La capacidad de la Disección Tripartita para revelar el valor textil de la fibra de llama fue descrita anteriormente (Brodthmann et al., 2018).

El hecho de que el efecto del descordado no incluye un afinamiento del grupo de fibras finas (DM3d) muestra una limitación de ese procesamiento textil y significa que, para obtener un producto de descordado satisfactorio, es necesario que los vellones provistos al descordado realmente contengan fibras finas de finura suficiente. Esto simplemente indica que, el descordado de un lote de vellones cuyas fibras más finas no son verdaderamente finas, va a resultar en un producto de descordado justamente de ese DM y no mucho menos. Por ejemplo, un vellón con un grupo de fibras finas de un DM3 de 27  $\mu\text{m}$ , que son fibras medianas según la especificación de la Tabla 1, puede provenir de un vellón que tiene un DMTn de aproximadamente 32  $\mu\text{m}$  (curvas de DMTn y DM3 para las clases de edad 8 a 10 en la Figura 11). Si, al descordar ese vellón el DM de las fibras finas bajaría 0,7  $\mu\text{m}$ , igual que en el caso del ensayo de descordado, no se puede esperar que se lograría materia prima textil adecuada para producir prendas finas. Por eso, es crucial que, antes del descordado se implemente otra medida que garantice un alto grado de contenido de fibras de suficiente finura en el lote de fibra a descordar.

### ***Grupo de fibras finas (GF3) y su P% y N% en el producto de descordado:***

Entonces, una implicancia que tiene esta discusión acerca del DM de las fibras finas del producto de descordado (DM3d) es que la función principal del descordado no es afinar este DM, sino que el objetivo principal es la separación de las fibras gruesas, las fibras objetables, del producto de descordado y lograr un porcentaje lo más alto posible de estas fibras finas (Figuras 33 y 36, variable P%3d y N%3d). Esto no es ninguna novedad, pero es pertinente remarcarlo en el contexto de esta discusión, porque suele haber una confusión al respecto. Enfatiza la necesidad de evitar la práctica común de juntar materia prima al barrer y proporcionar todo al descordado, ya que este paso productivo no tiene la capacidad de proveer un producto de alta calidad, independientemente de la calidad del lote de vellones que se le provee. O sea que se evidencia que el descordado solamente puede proveer un producto de alta calidad, o sea fibras finas, si estas se encuentran contenidas en los vellones antes de ser descordados. Además, deben estar contenidas en un porcentaje lo más alto

posible como para mejorar el rinde al descordado. Por lo tanto, la clasificación según finura de la materia prima antes de ser descordada debe ser considerada como un paso previo al descordado.

Una excepción a esta constatación sería, por ejemplo, si el propósito es la producción de alfombras, en cuyo caso las fibras gruesas también son fibras deseadas y el descordado se implementa para la separación del material vegetal y demás impurezas con el fin de mejorar la calidad del hilo y del producto final. Quispe et al. (2015) indica a través de una investigación relacionada al descordado manual de fibra de llama de Perú que, luego del descordado, la utilización adecuado de la fibra de llama fina sería la producción de prendas de vestir de alta calidad, mientras que de las fibras gruesas deberían ser derivadas a la producción de alfombras o la elaboración artesanal de utensilios de uso común.

La efectividad del descordado queda confirmado a través del KW realizado para las fibras finas que muestra diferencias significativas para el peso relativo del GF de fibras finas (P%3d, Figura 33) y la frecuencia de fibra relativa del grupo de fibras finas (N%3d, Figura 36), o sea que muestra un aumento significativo de fibras finas en el producto, lo cual confirma la veracidad de la segunda hipótesis específica, respecto a una mejora de la calidad textil en relación al aumento de N%3d. Según lo que muestran los resultados del KW el contenido de fibras finas en el producto se estabiliza a partir de la pasada 6 para N%3d y la pasada 8 para P%3d.

#### ***Grupo de fibras gruesas (GF1) y su DM en el producto de descordado:***

Al finalizar la pasada 2, DM1d marca 2,2  $\mu\text{m}$  menos que el valor inicial, baja de 46,7 a 44,5  $\mu\text{m}$ , y después se mueve entre 44,4 y 39,2  $\mu\text{m}$  hasta finalizar la pasada 10. Tomando el valor al finalizar la pasada 10 como referencia, DM1d se reduce 7,5  $\mu\text{m}$ , baja de 46,7 a 39,2  $\mu\text{m}$ . Esto confirma una reducción del DM de las fibras gruesas como efecto del descordado, tal como lo confirma el resultado del KW que es significativo. Por otro lado, las pocas fibras del GF1 que permanecen en el producto después de la décima pasada, siguen siendo gruesas y tienen que ser consideradas fibras objetables. Así que la discusión en relación a las fibras gruesas, más allá del DM, se debe completar con las variables de peso relativo y frecuencia de fibra relativa del grupo de fibras gruesas (P%1d y N%1d) para confirmar si el descordado muestra un resultado satisfactorio, lo cual se realiza más abajo.

La curva de DM2d en la Figura 30 no muestra un comportamiento muy coherente, especialmente, porque el DM2d, al finalizar la primera pasada, está por encima que el del vellón completo y el DM2d al finalizar la última pasada también es mayor que el de la pasada anterior. Esto remarca que el grupo de fibras intermedias (GF2) es difícil de definir y

diferenciar. Esto puede tener un origen en una dificultad al momento de implementar la Disección Tripartita, en el que es más fácil ubicar las fibras pertenecientes a GF1 y GF3. A menudo sucede que las fibras del GF2 se incluyen a ese GF por descarte, o sea por no coincidir con las características ni del GF1 ni del GF3. De todas maneras, el DM de las fibras intermedias oscila entre 33,8 y 29,1  $\mu\text{m}$  para los 16 vellones descordados, o sea que baja a penas un poco del umbral de los 30  $\mu\text{m}$ , y se puede considerar que el GF2 no debería entrar al producto de descordado. Una información importante es que hay pocas fibras del GF2 (Figuras 33 y 36), o sea que no son las que determinan la estructura de fibra. Por eso, en la Tabla 3, solamente se analizó al grupo de fibras gruesas (GR1). Los especialistas en Cachemira ya objetaban la incidencia de las fibras intermedias (GF2) en el proceso de descordado, pero con la tecnología de origen escocés (Dawson Ltd.) (Smith, 1988), en cambio los últimos ensayos con una tecnología similar a la AM2 no referencian esa dificultad (McGregor, 2018).

Es interesante ver que el valor del DM del GF1 del subproducto (DM1s) de la pasada 10 (44,1  $\mu\text{m}$ ) es menor que el DM del GF1 del producto (DM1d) de la pasada 1 (45,2  $\mu\text{m}$ ), ya que esto confirma que, mediante las sucesivas pasadas por la máquina descordadora, se separan fibras cada vez más finas. O sea que en cada pasada se separan las fibras más gruesas del lote de fibra que entra al descordado, y, si el DM de la fibra descordada es de mayor finura, las fibras separadas por ser gruesas -que forman el subproducto- son menos gruesas. Esto significa que las fibras gruesas no son gruesas de acuerdo a un valor fijo de grosor, sino que son gruesas en relación a las fibras finas que forman el producto. Esto también se verifica ampliamente en Cachemira (McGregor, 2018) y en top de alpaca (Frank et al., 2019b).

#### ***Grupo de fibras gruesas (GF1) y su P% y N% en el producto de descordado:***

En relación a la discusión acerca de implementar el descordado con el fin de lograr una materia prima apta para ser utilizada para la elaboración de prendas finas, es necesario evaluar si el descordado separa las fibras gruesas de manera satisfactoria. Respecto a eso, se determinó que la variable del porcentaje de fibra gruesa expresado en peso/peso (peso de fibra gruesa/peso total de fibra) es uno de los umbrales que los panelistas que participaron en pruebas para evaluar la capacidad de producir picazón sobre la piel detectaron y se ubica en 3,23% para hilo y en 4,57% para superficie de tela (Frank et al., 2014). Por tomar el umbral de 3% como umbral máximo aceptable en relación a la presencia porcentual de fibra gruesa, se incluyó la línea horizontal de ese valor en las Figuras 33 a 35 que son relacionadas a la presencia de fibra expresada en peso/peso. En las Figuras 36 a 38 que grafican las variables relacionadas a la presencia de un GF expresadas en frecuencia de fibra relativa, también se tomó el porcentaje del 3% como umbral de referencia.

Sin embargo, en McGregor (2012) y con respecto a Cachemira se informa que para Cachemira proveniente del descordado comercial y de tops de Cachemira, el valor medio, la derivación estándar y la variabilidad de cerda residual, la cual es correspondiente al GF1, son: 0,5%; 0,7% y 0 a 3,7% peso/peso para el Cachemira descordado y 0,4%; 0,5% y 0,1 a 1,5% peso/peso para el top de Cachemira (McGregor, 2000; McGregor & Postle, 2004). La incidencia de fibra medulada en Cachemira descordado era predicho según el origen del Cachemira y DMT, coeficiente de variación del diámetro medio e interacciones según origen y características del DMT (McGregor, 2000), por eso se estandarizó el ensayo de descordado lo más posible, por ejemplo, separando por tipo de vellón. La variabilidad respecto a cerda residual, en parte, refleja diferencias en la habilidad de empresas de descordado comercial de remover la cerda del Cachemira sucio, tanto como diferencias en las características de fibra sucia que afectan la eficiencia del descordado y las características de la fibra descordada (McGregor & Butler, 2008b). La caída de fibra objetable (diferencia entre descordado y top: 0,5 a 0,4), la gran variabilidad de la medida y el amplio rango de una distribución no normal, objetan el uso de este dato como referencia. Parece ser el mohair (más parecido en diámetro a estos vellones de llamas) el que brinda mejor información ante la ausencia de datos propios. El material lavado con un contenido de 2,18% de fibra objetable (“kemp”) llega después del cardado al 1,7%, un 20% de reducción (Kruger & Albertyn, 1966). En un ensayo con material similar, pero de peinado (worsted) el top “intersectado” contenía 2,37% de fibra gruesa y pasó al 1% luego del último peinado (top) (Kruger, 1966). Se podría asumir entonces que el nivel de descordado alcanzado en términos de porcentaje de fibras objetables se le podría descontar lo que la literatura informa y se estaría bien por debajo del umbral detectado de 3% peso/peso (Frank et al., 2014).

Las Figuras 33 y 36 muestran claramente el efecto del descordado a través de la tendencia continua de reducir la presencia de las fibras gruesas (P%1d y N%1d) y de las fibras intermedias (P%2d y N%2d) en el producto, o sea bajar su porcentaje, lo cual se confirma por un resultado muy significativo del KW para estas variables. Además, las Figuras 34 y 37 ofrecen una ilustración interesante al mostrar las curvas de las variables del producto y del subproducto en el mismo gráfico: por ejemplo las curvas relacionadas al GF1 (curvas de P%1d y P%1s en la Figura 34, por un lado, y las curvas de N%1d y N%1s de la Figura 37, por otro) están muy separadas entre sí e ilustran la efectividad del descordado en relación a la separación de las fibras gruesas del producto y su acumulación en el subproducto.

En relación al GF2 (variables P%2d y P%2s, por un lado, y N%2d y N%2s, por otro) las curvas se diferencian poco y el efecto del descordado queda poco definido. Pero como el GF2 contiene una cantidad muy reducida de fibras, tanto en el producto como en el subproducto,

es un GF que tiene muy poca influencia en la estructura de fibra y no se considera necesario profundizar la discusión al respecto.

Más allá de que el efecto del descordado quede confirmado, la pregunta es si se logra bajar la presencia de fibras gruesas por debajo del umbral deseado. Una apreciación más clara respecto al efecto del descordado en relación a las fibras gruesas ofrecen las Figuras 35 y 38. En ambas figuras se grafican las fibras gruesas (GF1) de cada vellón por separado y cada uno de los 4 gráficos muestra los datos de un solo tipo de vellón. Se muestra una reducción clara de fibras gruesas para cada uno de los vellones descordados, pero solamente para 5 vellones el valor de P%1d queda por debajo del umbral del 3% al finalizar la décima pasada. Para N%1d los valores son más reducidos y queda por debajo del umbral del 3% para 8 vellones al finalizar la décima pasada, inclusive, para algunos vellones, esto ya sucede a partir de la sexta pasada. De todas maneras, los resultados del ensayo de descordado no muestran resultados del todo satisfactorios en ese sentido. Es importante completar esta discusión con los resultados que diferencian no solo el GF, sino también el tipo de fibra contenido en cada GF, lo cual se realiza al final de la División 2.2. Al respecto, se confirmó que el GF1 está compuesto por fibras de médula continua y gruesa (Figura 42, arriba).

En este contexto también las Figuras 44 y 45, relacionadas al largo de fibra, proporcionan información importante. Se ve una clara tendencia respecto a que las fibras incluidas en el subproducto son las más cortas. Las pocas fibras gruesas del GF1 que se mantienen en el producto hasta la décima pasada tienen un promedio de más de 10 cm de largo. Posiblemente ese largo de fibra elevado sea el origen del problema: las fibras objetables largas son difíciles de descordar y tienden a quedarse en el producto en vez de ser incluidos en el subproducto, tal como sería deseable, y resultan igualmente complicadas en los lotes que tienen un período de esquila superior al año, dado que se acostumbra esquilar a los camélidos con más de un año de crecimiento (Seghetti Frondizi, D.G., com. per.).

#### ***Grupo de fibras gruesas (GF1) y diferencias según tipos de vellón:***

Respecto al ensayo realizado en la presente investigación, se puede resumir (Figuras 35 y 38) que los mejores resultados se muestran para el tipo de vellón DC y los resultados más objetables para los vellones del tipo de vellón L, para los cuales el valor de P%1d sigue alto (10 y 6% en la Figura 35) después de la décima pasada. Los vellones L incluidos en el ensayo tenían un P%1d de 40 y 51% antes de ser descordado, o sea más elevado que el de los otros tipos de vellón, para los cuales el valor se encontraba entre 10 y 34%. Esto implica que los resultados de este ensayo muestran la conveniencia de clasificar los vellones según su tipo de vellón y que una posibilidad es seleccionar solamente vellones DC para el descordado o, en todo caso, combinar este tipo de vellón con vellones CI y SC, pero definitivamente separar

vellones de tipo L. Esta conclusión es en acorde a lo confirmado en Frank et al. (2011a) donde se recomienda la clasificación según tipos de vellón, dado un comportamiento diferente durante el descordado de los diferentes tipos y un comportamiento menos satisfactorio para los vellones de tipo lustre. En Frank et al. (2012b) se describe la modificación de la materia prima textil proveniente de vellones de llama y se confirma la eliminación de las fibras gruesas a través del descordado teniendo generalmente una respuesta menor por parte de los tipos de vellón lustre.

Además, es interesante observar el porcentaje inicial del peso relativo y los diámetros dentro del grupo de vellones DC, CI y SC: para los 5 vellones cuyos porcentajes de fibra gruesa se reduce por debajo del umbral del 3%, los valores iniciales del peso relativo se encuentran entre 20 y 23% (P%1d), el diámetro medio total entre 26,3 y 32,7  $\mu\text{m}$  (DMTnd) y el diámetro medio de las fibras gruesas entre 39,7 y 51,7  $\mu\text{m}$  (DM1d). Por otro lado, para los vellones cuyos porcentajes de fibra gruesa permanece por encima del umbral del 3%, los valores iniciales varían entre 10 y 34% (P%1d), 22,9 y 32,6  $\mu\text{m}$  (DMTn) y 37,6 y 50,1  $\mu\text{m}$  (DM1d) respectivamente. Esto confirma que el valor inicial de las variables P%1d, DMTn y DM1d no es determinante respecto a si se logra o no un P%1d por debajo del umbral del 3% después de la décima pasada. Aparentemente son otros los factores que pueden ayudar a lograr ese fin y hace falta emprender otros ensayos para dar respuesta a este tema.

El rinde al descordado se muestra en la Figura 33, ya que la variable utilizada para estimar el rinde es el peso de las fibras finas (GF3) en relación al vellón completo: en la Pasada 0 (cero), o sea antes de comenzar el descordado, el peso relativo del GF3 es de un 65%, lo cual corresponde al potencial rinde al descordado. Pero, para profundizar la discusión respecto al rinde sería importante diferenciar entre vellones de diferente finura (ver División 3.10 del Capítulo IV).

#### ***Grupo de fibras gruesas (GF1) y la estimación de su reducción mediante regresiones:***

A través de la ecuación polinómica utilizada para describir la reducción de las fibras gruesas contenidas en el producto a medida que se realizan las sucesivas pasadas se estimó la cantidad de pasadas necesarias para llegar a un mínimo de fibras gruesas en el producto (P%1 y N%1 en Tabla 3). Esta ecuación polinómica puede ser utilizada para una situación real en la que se implementa el descordado y sirve de apoyo para la toma de decisión respecto a cuántas pasadas serían necesarias para alcanzar el valor mínimo de peso de fibra gruesa y valor máximo de fibra fina y las magnitudes de dichos valores, más allá de que el comportamiento durante el descordado depende de muchas variables, tal como el grado de afieltramiento, largo de fibra, etc. y un número alto de ensayos de descordado serían necesarios para sumarlos a los resultados de esta tesis. Aunque el coeficiente de

determinación indica que entre 60 – 80% de las veces dependiendo del número de pasadas por la máquina para las fibras gruesas y más alto para las finas, las intermedias mostraron un ajuste menor. La marcada diferencia entre las dos variables (P% y N%) en todos los tres GF se había discutido más arriba en relación a los trabajos en Cachemira (McGregor, 2018) y se visualiza acá también. La semejanza de comportamiento con una tecnología similar, pero en Cachemira australiana, es importante. La cantidad relativa de descenso de la fibra objetable en cada pasada están entre el 15 y 20%, con un descenso marcado a partir de la 4<sup>o</sup> pasada (Singh, 2003). La tasa de recuperación de fibra fina en el caso de Cachemira australiana no supera el 65% (McGregor, 2018), lo cual está por encima en este ensayo con fibra de llama. Cálculos no incluidos en esta tesis, pero en parte realizados con las mismas muestras y datos observacionales de descordado comercial ubica ese guarismo entre 65 y 75%, dependiendo mucho del estado de los vellones (Frank, E.N., com. per.). Aunque se habían hecho con otro método distinto al de McGregor (2018), en los ensayos originales de validación de la tecnología AM2 (Frank et al., 2009), se había obtenido para fibra de llama una cifra similar a la de la Cachemira, y con fibra de alpaca era muy parecido a la informada aquí mencionada (70%).

Mediante los resultados de este ensayo se observa un comportamiento diferente según tipo de vellón. El mínimo estimado para el grupo de fibras gruesas expresado en peso relativo y frecuencia de fibra relativa (P%1d y N%1d) se alcanza en las pasadas 12 y 10 para los vellones DC, 10 y 8 para vellones CI, 11 y 9 para vellones SC y las pasadas 15 y 9 para vellones L, o sea que se confirma que los vellones DC, CI y SC muestran un comportamiento parecido respecto al peso relativo del grupo de fibras gruesas (P%1) y la cantidad de pasadas necesarias para llegar al mínimo, mientras que el vellón L se comporta diferente y necesita de más pasadas para ese fin. Inclusive, el hecho de no ser significativo el término cuadrático confirma un comportamiento lineal. Esto confirma que, para el procesamiento de descordado, es perjudicial mezclar los vellones L con los otros tipos de vellón. Por lo tanto, para lograr un funcionamiento óptimo del procesamiento, es recomendable procesar los vellones DC, CI y SC juntos y los vellones L por separado. Según la apreciación industrial, los vellones lustre son descordables *at infinitum* (Seghetti Frondizi, D.G., com. per.). Así que, es necesario implementar una clasificación según tipos de vellón antes de comenzar el procesamiento de descordado (Frank et al., 2007).

Los trabajos de descordado realizados en Cachemira presentan una cantidad de pasadas similares para llegar a ese nivel de fibras gruesas, 9 para Singh (2003) y de 9 a 12 para McGregor (2018). Esto no confirma la afirmación clásica de que la fibra a descordar debería presentar una relación entre diámetro de fibra gruesa y fibra fina de al menos 4 veces y, en el caso de la Cachemira australiana, se afirmaba que no era eficiente su descordado porque,

además, tenía las fibras gruesas más cortas que las finas (Smith, 1988) y que los mismos ensayos australianos de encargaron de “desmitificar” (Singh, 2003; McGregor, 2001; Ídem 2018). En este último trabajo se obtiene un considerable menor rinde al descordado en el único lote de Cachemira doble capa utilizado (relación de largo Cachemira/largo fibra gruesa de 1:12). Esto también se había demostrado incipientemente en fibra de alpaca (Wang et al., 2008) y contundentemente con la tecnología AM2 en top de alpaca de la industria peruana (Frank et al., 2019b).

Esta conclusión va en acorde también a un estudio respecto a densidad lineal (“título”) y regularidad del hilado realizado por Frank et al. (2019c) con fibra de llama en el cual se concluye que el comportamiento de los diferentes tipos de vellón durante el descordado difiere entre sí y se expresa la necesidad de implementar la clasificación según tipos de vellón antes del descordado. A pesar de ser fibra más corta, el hilo queda menos peludo (“hairiness”) debido a que fibras más gruesas sobresalen menos. Esto sucedería porque en el proceso de hilado (alta velocidad de la continua) las fibras gruesas son expulsadas hacia el borde del hilo por la fuerza centrífuga, pero quedan “pinzadas” o atrapadas en el otro extremo en el centro del hilo, dónde se ubicaron inicialmente (Miró, A., com. per.).

## **2.2. Diámetro medio según tipo de fibra**

La Figura 39 muestra que las fibras ameduladas (DMA<sub>d</sub>), no reducen su DM con el descordado, sino su valor se mantiene alrededor de 22 µm (oscila entre 21,9 y 22,5 µm). El DM de las fibras de médula fragmentada (DMF<sub>d</sub>) tampoco se reduce, sino que se mantiene alrededor de 26 µm (oscila entre 25,7 y 26,4 µm). O sea que no se observa un efecto del descordado sobre estas dos variables. Esto implica que, si se necesita un producto de descordado superfino o fino, es necesario proveer vellones al descordado que contengan fibras de esa finura deseada. Además, los valores de DMA<sub>d</sub> y DMF<sub>d</sub> prácticamente constantes confirman que el método utilizado en esta tesis mediante el cual primero se disecciona cada muestra formando 3 grupos de fibra y, luego, se pondera el DM de un tipo de fibra a partir del DM y la frecuencia de cada GF (Fórmula 5, Figura 5), proporciona resultados coherentes, ya que al medir siempre las mismas fibras se llega al mismo resultado.

En la Figura 40 se observa el efecto del descordado sobre la frecuencia relativa de las fibras ameduladas y de médula fragmentada (N%<sub>Ad</sub> y N%<sub>Fd</sub>). Las fibras ameduladas, que son las fibras deseadas de más alto valor textil, aumentan claramente su presencia (N%<sub>Ad</sub>) en el producto, lo cual se confirma con los resultados del KW significativo. Esto confirma una mejora en la calidad textil a través del descordado. La frecuencia de las fibras de médula fragmentada (N%<sub>F</sub>), que también son fibras deseadas en el producto, se mantiene alta a lo largo de las sucesivas pasadas.



En relación al descordado y el comportamiento de diferentes tipos de fibra de mohair, alpaca y Angora, McGregor (2012) comenta que es altamente probable que métodos que resultan en reducir el DMT en fibra de alpaca conlleven directamente a una reducción de la incidencia de fibra medulada, igual de lo que se vio en mohair. En Lupton et al. (1991) se informó respecto a mohair de 20  $\mu\text{m}$  sin medulación. De todas maneras, en fibra de alpaca australiana con un DMT medido en una altura media del flanco de 20  $\mu\text{m}$ , las fibras meduladas representan un 10% en relación a frecuencia de fibra y estas tienen un DM de 30  $\mu\text{m}$ . Esta incidencia de fibra medulada en apalacas australianas corresponde exactamente a la cantidad de folículos cutáneos de 9 folículos secundarios por cada folículo primario. En concreto, la proporción de folículos secundarios/primarios en alpacas fueron menos que 9:1 (Ferguson et al., 2000), implicando que todos los folículos primarios y algunos de los secundarios están produciendo fibras meduladas (McGregor, 2012). Para una calidad alta de Cachemira descordado la incidencia de fibra medulada debería ser  $<0,2\%$  (McGregor, 2000; Ídem 2001; McGregor & Postle, 2004).

Para fibra de Angora, la alta incidencia de medulación reduce la densidad específica promedio a aproximadamente  $1,20 \text{ g/cm}^3$ , lo cual es menor de la de otros tipos de fibra animal que es  $1,31 \text{ g/cm}^3$ , ya que Angora posiblemente tiene varias médulas paralelas dentro de la fibra. Variaciones en las densidades específicas de fibra de Angora posiblemente afecte a proporciones de blends, tanto como a otras características de textiles de Angora (Blankenburg & Philippen, 1988). Informaron diferencias en la densidad específica y medulación entre muestras de fibra de Angora de diferente origen.

En mohair australiano sucio con un 4,3% de fibras de médula grande (kemp) y 6,5% de fibra medulada total, se redujo la incidencia de fibras de médula grande (kemp) a 1,9% y de fibra medulada total a 4,2% a través de lavado y cardado de laboratorio en un Shirley Analyser (McGregor, 2010). Este instrumento se presentó con potencial del descordado en Cachemira australiana (Couchman & Holt, 1990).

En las Figuras 39 y 40, se puede ver que la estructura de fibra no se modifica mucho respecto al DM de los diferentes tipos de fibra, sino que el efecto del descordado y, por lo tanto, la modificación de la estructura de fibra, está principalmente determinado por un cambio en el peso relativo y la frecuencia de fibra relativa (P% y N%) de los tres GF (Figuras 33 y 36). A su vez, las Figuras 41 y 42 muestran por cuáles tipos de fibra se compone cada GF. El GF3 está compuesto por las fibras ameduladas y de médula fragmentada (Figura 42, abajo) y esto se mantiene así a lo largo del procesamiento de descordado. El GF3 únicamente se modifica al aumentar la presencia de fibras ameduladas y, por lo tanto, reducir las fragmentadas. El GF2

contiene más que nada fibras de médula continua y fragmentada (Figura 42, centro), pero, de todas maneras, es un GF con poca inherencia en la estructura de fibra por su frecuencia reducida (Figuras 33 y 36). Por último, el GF1 está compuesto por fibras de médula continua y gruesa (Figura 42, arriba). Esta composición se mantiene a lo largo del procesamiento de descordado. El GF1 únicamente se modifica claramente en la décima pasada en la que disminuye la presencia de fibras de médula gruesa y, por lo tanto, aumenta la de médula continua. En términos generales esto se observó también con fibra de alpaca (Frank et al., 2019b).

Respecto al DM, la Figura 41 muestra curvas que confirman lo visto en las Figuras 30 y 39: un DM prácticamente constante de las fibras ameduladas y de médula fragmentada, correspondientes al GF3, y una reducción de algunos micrómetros de las fibras de médula continua y gruesa, correspondientes al GF1.

La curva del DM de las fibras de médula interrumpida (DMId en Figura 39) muestra un comportamiento incoherente a lo largo de las sucesivas pasadas, pero su presencia es tan reducida (N%Id en Figura 40) que no se considera necesario profundizar la discusión al respecto. Para el DM de las fibras de médula continua y gruesa (DMCd y DMGd en Figura 39) se registra un efecto del descordado, dado una leve tendencia del DM hacia abajo, aunque la comparación por KW no muestra significancia. DMCd baja de 37,3 a 36,1  $\mu\text{m}$ , o sea 1,2  $\mu\text{m}$ , y DMGd baja de 53,7 a 50,3  $\mu\text{m}$ , o sea 3,4  $\mu\text{m}$  durante las diez pasadas. Ese valor de una reducción de algunos micrómetros, solamente, es coherente al valor de reducción de DMTn que se encuentra en los 4,4  $\mu\text{m}$  (Figura 29).

El efecto del descordado sobre la frecuencia relativa de las fibras de médula continua y grande (N%Cd y N%Gd) se observa en la Figura 40 con una clara tendencia a reducirse, lo cual se confirma por los resultados del KW significativo. Esto implica una fuerte modificación de la estructura de fibra y una mejora de la calidad textil. Según los resultados del KW, la reducción de la N% de las fibras de médula continua (N%Cd) se estabiliza a partir de la pasada 6, mientras que para las fibras de médula gruesa (N%Gd) muestra una diferencia significativa hasta en las últimas dos pasadas. En este sentido, las fibras de médula continua podrían constituir un problema, porque, aparentemente, aun con más pasadas siguen presentes en el producto.

El porcentaje de las fibras de médula gruesa, por sí solas, es de un 2,6% al finalizar la pasada 5 (N%Gd en Figura 40), o sea que ya pasan por debajo del umbral del 3% y a partir de la pasada 7 se mantiene claramente por debajo de ese umbral. Es interesante constatar que las fibras de médula gruesa son notablemente más gruesas que las de médula continua: el DM

de las fibras de médula gruesa es de 53,8  $\mu\text{m}$  antes del descordado y baja a alrededor de 50  $\mu\text{m}$  al finalizarlo, mientras que el DM de las fibras de médula continua es de 40,2  $\mu\text{m}$  antes del descordado y 38,0  $\mu\text{m}$  al finalizarlo (Figura 41, arriba). Evidentemente, el elevado grosor de las fibras de médula gruesa ayuda para que sean separadas más rápidamente, mientras que las fibras de médula continua podrían constituir un problema al respecto.

### **2.3. Frecuencia de rizo**

Las pocas fibras gruesas o objetables que permanecen en el producto después de las sucesivas pasadas mantienen la baja FR. Y las fibras finas mantienen la FR alta. No se observa un efecto claro del descordado sobre esta característica de la fibra.

### **2.4. Grupos de rizo**

Comparando los GR del producto y del subproducto (parte superior y inferior de Tabla 4 respectivamente) se observa la modificación que produce el descordado en un lote de fibra, porque para todos los TV la tabla muestra una presencia claramente más alta de fibras del GR4 en el subproducto que en el producto. El GR4 es el típico GR de las fibras objetables y el hecho que se encuentre más ese GR en el subproducto indica la efectividad del descordado. Esto sería debido a la mayor elasticidad de las fibras finas más rizadas y la rigidez y laticud de las fibras gruesas (Singh, 2003).

Además, en el caso de mostrar una modificación (columna 4 respecto a la columna 3 tanto como columna 6 respecto a columna 5), esta es hacia un GR que suele ser de fibras más finas para el producto y hacia un GR que suele ser de fibras más gruesas para el subproducto. Esto se puede observar debido a una modificación hacia un GR de mayor rizo en el caso del producto y de menor rizo en el caso del subproducto.

Respecto a la modificación de la estructura de vellón a lo largo de las sucesivas pasadas se produce una modificación para los vellones DC, CI y SC hacia GR de mayor FR, o sea de GR4 hacia GR3 y de GR3 hacia GR2. A diferencia de este resultado, para el vellón L no se produce una modificación, lo cual confirma un comportamiento diferente. Esto se explica con la menor frecuencia de rizo y forma abierta del rizo de las fibras finas de este tipo de vellón (Frank et al., 2007). Se puede concluir que no es recomendable procesar todos los tipos de vellón juntos, sino que se recomienda la implementación de una clasificación según tipo de vellón antes del descordado y juntar vellones DC, CI y SC por un lado y los tipos de vellón lustre (HL y L) por otro. Características parecidas de las fibras procesadas garantizan un comportamiento parecido durante el descordado y, por lo tanto, una puesta a punto de la máquina descordadora más factible que conlleva a un mejor desempeño del descordado tanto

como del proceso productivo posterior (Frank et al., 2007; Ídem, 2011; Seghetti Frondizi, 2014).

## **2.5. Largo de fibra**

El efecto del descordado muestra un acortamiento de las fibras. Claramente las fibras del GF3 son las más cortas, pero aun después de la pasada 10 se mantiene por encima de los 7 cm, lo cual es un buen largo para hilar la fibra por proceso de peinado (worsted) (Alexander, 1995). La Figura 45 grafica el largo de las fibras de los 3 GF contenidos en el subproducto y muestra que, desde la primera pasada, las fibras más cortas son incluidas en el subproducto.

## **2.6. Evaluación final**

El efecto del descordado se puede observar al hacer una lectura transversal de todas las figuras respecto a la estructura de vellón inicial (pasada 0) y la modificación que se observa en la estructura de fibra del producto de descordado (pasadas 1 a 10). Una mirada transversal en relación a las fibras finas (GF3) permite evaluar la calidad textil de la materia prima antes del descordado (pasada 0), ya que son las fibras de este GF las que deberían quedar reunidas en el producto de descordado. Se revela que este GF se compone por fibras finas de un DM de 24,6  $\mu\text{m}$  (DM3d en Figura 30, Tabla 1), que en un 36% son ameduladas y un 58% de médula fragmentada, sumando un 94% (N%A3d y N%F3d en Figura 42, abajo), que son de 9,7 cm de largo (L3d en Figura 44), que tienen una frecuencia de rizo alta de 3,8 ondulaciones/cm (FR3d en Figura 43) y que representan el 65% del peso de la mecha (P%3d en Figura 33). El peso de las fibras intermedias y gruesas del vellón antes de ser procesado es del 11 y 24% respectivamente (P%2d y P%1d en Figura 33).

Ya después de la primera pasada se observa la modificación en relación a la estructura de fibra, la cual se sigue modificando con cada pasada. Al finalizar la pasada 1 se registra un peso relativo de las fibras finas, intermedias y gruesas de 68%, 11% y 21% respectivamente, que cambia a 83%, 7% y 10% respectivamente al haber finalizado la pasada 5 y a 89%, 5% y 7% respectivamente después de la pasada 10 (Figura 33). El largo de fibra es de 8,5; 10,3 y 12,0 cm respectivamente después de la pasada 1, se reduce a 7,8; 9,3 y 10,8 cm respectivamente después de la pasada 5 y luego se estabiliza para los GF2 y GF1, mientras que se sigue reduciendo un poco respecto al GF3, aunque no significativamente de acuerdo al KW (Figura 44). Es decir, se observa una modificación importante en relación a estas variables, mientras que el DM solamente se modifica con una tendencia clara para el GF1, reduciéndose (Figura 30), y la modificación de la FR tampoco muestra una tendencia clara (Figura 43).

O sea que los resultados confirman una modificación de la estructura de fibra a través del descordado que significa una mejora de la calidad textil, la cual está dada más que nada por la separación efectiva de las fibras gruesas del producto y que el mayor impacto se produce durante las primeras pasadas. Al mismo tiempo, se observa una limitante, la cual está dada por el hecho que la cantidad de fibras gruesas peso/peso, aunque se acerca mucho al umbral del 3%, no logra bajar por debajo de ese umbral.

Además, se confirmó que no es recomendable implementar el descordado para vellones cuyas fibras finas poseen un DM demasiado alto, ya que se demostró que el efecto del descordado muestra una limitación respecto a la capacidad de reducir el DM de las fibras finas. Asimismo, se verificó que los diferentes tipos de vellón responden de diferente manera al descordado. Para resumir, se puede decir que, para lograr una mejora de la calidad textil, el descordado es una componente fundamental de la solución, pero por sí sola es limitada, ya que su efectividad está condicionada por la materia prima que es proporcionada al descordado. Como medida adicional a evaluar se propone la clasificación de vellones según finura y/o según tipo de vellón, lo cual se analiza en el Subcapítulo 3. La necesidad de implementar la clasificación respecto a criterios específicos para desarrollar una industria basada en fibra animal está en acorde a lo concluido en Frank et al. (2017a) en relación a Cachemira Patagónico. También se confirmó que, para procesar fibra de llama, es fundamental implementar una clasificación según tipos de vellón previa, ya que los diferentes tipos de vellón no se comportan de la misma manera durante el proceso (Frank et al., 2011a).

### **3. Efecto de la clasificación y del descordado sobre la calidad textil de la fibra**

Los resultados incluidos en el Subcapítulo 3 fueron publicados en Brodtmann et al. (2018) y complementados con unos análisis adicionales, principalmente lo detallado en la División 3.9.

En los Subcapítulos 1 y 2 se evaluaron datos reales obtenidos por el seguimiento anual de animales de cría, por un lado, y a través del procesamiento textil de fibra en una máquina descordadora por otro, o sea a través de la realidad dada en la producción de fibra y su procesamiento. En el Subcapítulo 3 se complementa la investigación al ofrecer una referencia sobre el potencial teórico del descordado como medida de homogeneización de la fibra tanto como de la clasificación de vellones que es otra medida que tiene un efecto de homogeneización de la estructura de un lote de fibra destinado al uso textil. O sea que no se realiza una clasificación de vellones ni se lleva a cabo un descordado en una máquina descordadora, sino que se tomaron los datos revelados a partir de muestras de fibra y, a través de una simulación de la clasificación y del descordado que se llevó a cabo a través de análisis matemáticos, se evaluó y verificó si tales medidas, en teoría, podrían tener el efecto

deseado de homogeneizar un lote de fibra y, por lo tanto, la calidad textil. A partir de esas referencias teóricas se podrá completar la discusión sobre el efecto de la edad tanto como del descordado.

La clasificación puede ser implementada según tipos de vellón tanto como según finura. Esta medida consiste en evaluar un vellón después del otro, clasificar cada vellón según lo evaluado y separarlos en lotes diferentes según esa clasificación. En cambio, en el descordado se separan los diferentes tipos de fibra de un mismo vellón, principalmente con el fin de separar las fibras objetables que reducen la alta calidad que ofrecen las fibras finas como materia prima textil. En este contexto, a las fibras gruesas, se las denomina “no deseables” u “objetables”, ya que no son aptas para la elaboración de textiles finos. Esta separación de tipos de fibra es correspondiente a la separación según grupos de fibra, tal como los proporciona la Disección Tripartita.

Asimismo, este subcapítulo aporta criterios complementarios en relación a la comprensión de las diferencias entre tipos de vellón y, por lo tanto, aporta una línea de pensamiento novedosa para el proceso de clasificación de vellones según tipos de vellón. Si bien los tipos de vellón de llama fueron descritos claramente y de forma detallada e inconfundible (Frank, 2001; Frank et al., 2007a), esto no siempre implica que sea fácil de distinguir un tipo de vellón de otro, por ejemplo, en un contexto rural. La descripción de los tipos de vellón fue hecha a través de la descripción de los tipos de fibra y los atributos de fibra correspondientes. Pero, al hacer la esquila, se aprecia más la mecha completa que las fibras por separado y es conveniente que la descripción existente de los tipos de vellón se complemente por otras maneras de describirlos. Eso tiene el fin de identificar el tipo de vellón de manera ágil como para, por ejemplo, separar los animales según tipo de vellón antes de esquila o que los vellones sean clasificados según su tipo después de la esquila.

Así como el vellón de llama consiste en un conjunto de fibras de diferente tipo que se ordena en una estructura específica, también se produce una estructura específica del conjunto de fibras cuando, entre muchos vellones, se arma un lote de fibra de llama para ser destinado a la industria textil. En ese sentido, el vellón de llama, no es otra cosa que un muy pequeño lote de fibra.

El orden intrínseco de la “estructura de vellón de llama” que ofrece el animal es muy específico y está compuesto por fibras paralelas, mientras que la “estructura de fibra de llama”, en principio, nunca va a ser tan específica, porque consiste en una mezcla de muchos vellones y al principio del proceso productivo no están paralelizadas. Por otro lado, cuando se

implementa uno de los primeros pasos del procesamiento textil que es el cardado, se vuelve a lograr la paralelización de la fibra, o sea la estructura de fibra vuelve a ser más ordenada.

Los resultados analizados en las Divisiones 3.3 a 3.9 representan las de un lote de materia prima que se podría haber adquirido en un momento dado. Se revela la estructura de fibra de un lote hipotético compuesto por muchos vellones en su conjunto. Para discernir el efecto que se puede llegar a lograr con la medida de clasificar vellones y/o a través del procesamiento textil de descordado es fundamental detallar y revelar la estructura de vellón en general y, en particular, las diferencias entre las estructuras que proporcionan los diferentes TV. Esta evaluación debe ayudar en la toma de decisión respecto a si tiene sentido implementar estas medidas al inicio de la cadena del procesamiento textil o no.

La estructura que ofrece un lote de fibras es la que define su descordabilidad tanto como su comportamiento durante toda la cadena del procesamiento textil. Tan importante es la estructura que se eligió la letra inicial de esa palabra para identificar las variables del Subcapítulo 3. En este subcapítulo se evalúa, desde un análisis conceptual y a través de una simulación, cómo la implementación de la clasificación y/o el descordado modifican la estructura inicial que ofrece el vellón, tal como es producido por el animal. Además, se evalúa si estas dos medidas son capaces de mejorar la estructura de fibra dentro de un lote de fibra de llama en el “momento bisagra” entre la producción primaria y el procesamiento posterior dentro de la industria textil. Al mencionar la palabra “mejorar” automáticamente se está apuntando a “homogeneizar”, ya que para la industria textil es fundamental recibir una materia prima textil lo más uniforme posible. Esto va en acorde a lo constatado respecto a fibra de llama en Hick et al. (2013) en relación a la necesidad de realizar un proceso de clasificación a los fines de obtener lotes comerciales homogéneos y así establecer un esquema de precios diferenciales para las diferentes calidades de fibra.

### **3.1. Descripción esquemática y conceptual de los TV**

La presencia de ciertos tipos de fibra define un TV, más allá de su frecuencia (Frank et al., 2007a). Eso es un conocimiento muy contundente, que tiene la implicancia que, al analizar una pequeña fracción de una mecha, o sea pocas fibras solamente, ya se puede diferenciar un TV de otro. También implica que la combinación de ciertos tipos de fibra, más allá de cuántas realmente hay de cada tipo, define el TV y, también, una estructura característica. Por ejemplo, la combinación de fibras finas rizadas con fibras gruesas lacias forma cierta estructura, en cambio si las fibras gruesas también son rizadas la estructura cambia. Otra circunstancia determinante en relación a la estructura de un vellón es, si todas las fibras tienen el mismo tipo de ondulación o no.

Este conocimiento da pie a pensar en una descripción esquemática de los TV y a desarrollar un pensamiento conceptual para describirlos. Las cuatro características morfológicas de las fibras que describen los cinco TV y conllevan a su definición son largo, grosor, tipo de ondulación y tipo de lustre (Frank et al., 2007a). Es importante destacar que estas cuatro características son macroscópicas, con la única condición que no sea necesario contar con una evaluación exacta del grosor o finura de las fibras, sino que una diferenciación a grosso modo es apta para definir el TV. Ya que eso es el caso, esto significa que con sólo la apreciación visual se pueden evaluar los tipos de fibra lo suficientemente bien como para diferenciar los TV de manera clara y segura.

Los cinco TV se dibujaron de manera esquemática en la Figura 46 y se describieron conceptualmente en las Tablas 5 y 6. De esta manera se resume el trabajo existente realizado por Frank (2001) y Frank et al. (2007a). Si bien lo descrito no es novedoso, el trabajo desarrollado al implementar la Disección Tripartita fue el punto de partida para ordenar los conocimientos existentes y profundizar la investigación relacionada a los TV. Esta necesidad también se evidenció por la importancia de poder transmitir con más efectividad y claridad los conocimientos existentes, por ejemplo, al entrenar a personal nuevo que trabaja con fibra de llama, ya sea en un laboratorio de fibras, para la producción de fibra en el sector agropecuario o dentro de la industria textil que utiliza fibra de camélidos.

Como toda esquematización ayuda a resumir, pero, a la vez, simplifica tanto que no incluye ni transmite toda la realidad. Por ejemplo, las fibras gruesas del tipo de vellón DC no son tan lacias en todos los casos, sino que pueden también incluir alguna curva o varias curvas irregulares en su recorrido. Otro aspecto del dibujo de la Figura 46 que no es tan realista es que, en realidad, las fibras de un vellón Lustre se ubican mucho más cercanas unas a las otras, directamente se colocan “pegadas” unas a otras a lo largo de toda la mecha. Eso no se puede dibujar en este esquema, porque directamente no se distinguirían las diferentes fibras dibujadas. Además, la mecha está enroscada en sí misma y esa disposición tridimensional, en este esquema, tampoco está representado.

### **3.2. Diferenciación de los TV según características opuestas**

En el contexto de la División 3.2, no se tiene en cuenta el diámetro, porque un rango alto de diámetros es inherente a todos los tipos de vellón y, por lo tanto, no ayuda a distinguirlos. Lo mismo se puede decir en relación al largo de fibra que se diferencia poco según TV. Entre las características de fibra diámetro, largo y tipo de ondulación, éste último es el decisivo en relación a que si un vellón es de capa doble o no. La coexistencia de dos tipos de ondulación claramente diferentes dentro de un solo vellón no permite que todas las fibras se ordenen



entre sí de manera unificada tal como es el caso en un vellón de una sola capa, o sea de simple capa.

De acuerdo a la manera de describir la estructura de vellón de llama que muestra la Figura 47, los diferentes TV se resumen en un solo gráfico. La lógica particular de este gráfico es que cada TV es descrito de manera específica, pero no a través de valores absolutos de características de la fibra, sino que a través de valores que son relativos unos a otros. En relación a la FR, el vellón DC está situado en una altura intermedia, porque contiene fibras muy lacias (casi rectas) y, a la vez, fibras muy rizadas. El vellón CI está posicionado en un lugar intermedio entre el vellón DC y SC. El vellón HL es parecido al L, especialmente en relación a su apariencia visual, solo que contiene algunas fibras de FR intermedia.

La limitante de la conceptualización y esquematización de los TV está dada por la fuerte simplificación de la estructura de vellón. Por un lado, la conceptualización tiene sentido para aclarar ciertos aspectos típicos, pero, por otro lado, no es capaz de describir muchos otros aspectos por su falta de detalle. Por ejemplo, en el esquema expuesto en la Figura 46 es necesario incluir un aspecto nuevo al introducir los tres GF, ya que en la esquematización aparenta haber solamente dos, los dos GF con características más extremas. Para simplificar la descripción de los TV esto es útil en cierto contexto, pero al disecar una muestra claramente se define un grupo de fibras intermedias, porque aparecen fibras que, por sus características, no se pueden incluir en el grupo de fibras finas y, tampoco, en el de fibras gruesas. En las Divisiones 3.3 a 3.9 se describe la estructura de vellón con más detalle, según diferentes características de la fibra. El análisis se basa en los tres GF, o sea incluye el grupo de fibras de las fibras intermedias (GF2), ya que se basa en lo que revela la Disección Tripartita.

### ***Clasificación según TV:***

El proceso de reducir la alta variabilidad de fibra de llama con el fin de mejorar su potencial textil se puede ilustrar bien observando primero la Figura 47 y luego la Figura 46. Si se realiza una clasificación de vellones según su tipo y se seleccionan los vellones DC, CI y SC solamente, la parte inferior derecha del gráfico de la Figura 47 es apartado. El paso siguiente podría ser la clasificación según finura como para reducir la variabilidad del DM. Para los vellones seleccionados, que son los más finos, el próximo paso podría ser el procesamiento de descordado. Entonces, el producto de descordado estaría compuesto únicamente por las fibras rizadas de los tipos de vellón DC, CI y SC. En la Figura 46 se ve ilustrado cuán similares son estas fibras. Esto podría ser una secuencia recomendada de pasos productivos con el fin de obtener un lote de fibras finas con un alto grado de homogeneidad, lo cual agrega valor a la fibra de llama ofreciendo un mayor potencial como materia prima textil.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, los TV principales, DC, CI y L, se pueden distinguir fácilmente. Por otro lado, puede resultar más difícil distinguir entre DC y CI tanto como entre CI y SC, porque las diferencias son graduales. Pero, si la clasificación se realiza dejando DC, CI y SC en un lote, esto no tiene importancia.

Lo que sería un mayor problema en este caso, es, que posiblemente se confunda un vellón CI con un HL o vice versa, porque en ambos casos se trata de un TV intermedio. Cierta similitud entre los vellones CI y HL respecto a su estructura se revela por su posición cercana dentro de Figura 47. En este contexto, un factor de diferenciación útil es la cantidad de fibras del GR4 que está presentes en el grupo de fibras finas, que es más elevado para un vellón HL. Además, ayuda lo descrito en el primer párrafo de la División 3.4 de Capítulo V respecto a que, para los diferentes TV, las fibras del GF1 muestran patrones de ondulación muy diferentes, aunque todas pertenezcan al GR4. En ese párrafo solo se describen los tres TV principales, pero se puede tener en cuenta que el vellón CI es intermedio a DC y SC y el vellón HL intermedio a SC y L, pero más parecido al L. Además, el diferente tipo de lustre, que es más notorio en la mecha completa que en una fibra separada, también es un factor importante de diferenciación.

#### ***Efecto del TV sobre el descordado:***

El proceso de descordado es completamente mecánico y se basa en diferencias morfológicas entre los tipos de fibra. Lógicamente, diferencias más grandes entre los tipos de fibra presentes en un vellón facilitan la descordabilidad. Se detectó que el descordado de fibra de alpaca no es tan efectivo como el descordado de Cachemira, porque las fibras de alpaca finas y gruesas difieren menos respecto al diámetro, rigidez y rizo (Wang et al., 2008). McGregor & Butler (2008b) mostraron que el color del vellón blanco, Cachemira sucio más largo, mayor curvatura de fibra, menor contenido de materia vegetal, largo normal de la cerda y la ausencia de afieltramiento visible estaban asociadas a un procesamiento más eficiente y/o a la producción de Cachemira más largo. Con Cachemira se refiere a la parte de fibras finas del vellón sucio y/o al producto de descordado que reúne estas fibras finas. Además, Cachemira sucio con un contenido de Cachemira mayor (en peso/peso) y un diámetro de fibra mayor se procesó menos eficientemente que Cachemira sucio con un contenido de Cachemira menor y de diámetro de fibra menor. De acuerdo a la presente tesis, el tipo de vellón DC, que se posiciona en la parte izquierda de la Figura 47, debería tener un mejor comportamiento durante el descordado. Esto se confirmó en Frank et al. (2011a).

Otro aspecto importante relacionado a la efectividad del descordado es que las fibras que pasan por la máquina descordadora deben llegar una por una al punto de la maquinaria en el que se produce la separación de las fibras, en vez de enredadas entre sí, por ejemplo, por

estar enredadas unas entre las otras debido a afieltramiento. Por lo tanto, antes de que lleguen al punto de descordado, las mechas se deben abrir para separar las fibras unas de las otras. El primer informe respecto al descordado de fibra de llama se realizó por Townend et al. (1980) y está relacionado a aspectos mecánicos y el problema del afieltramiento respecto al comportamiento de la fibra sucia, pero no se refiere al comportamiento específico de los diferentes tipos de vellón. En la presente tesis, se evaluó un aspecto existente que va más allá del problema del afieltramiento y que está relacionado a las diferentes estructuras de vellón cuyo comportamiento durante el procesamiento de descordado difiere. Lógicamente, es más sencillo abrir un vellón cuando tiene una estructura con más volumen (bulk), mientras que la estructura más cerrada de los vellones de tipo lustre dificulta la separación de las fibras. La Figura 47 muestra cuáles tipos de vellón tienen una estructura de vellón más abierta, o sea con más volumen: los tipos de vellón ubicados en la parte superior de la figura. Aunque el tipo de vellón DC está ubicado solamente a una altura intermedia, tiene una estructura abierta, porque para las fibras finas del down por sí solas el volumen es parecido al de un vellón SC. Esto confirma la conveniencia de juntar los tipos de vellón DC, CI y SC en el momento de implementar una clasificación según tipos de vellón.

Al tomar en cuenta a las dos características de la estructura de vellón que favorecen a la descordabilidad, un mayor volumen y un mayor grado de diferencias entre los tipos de fibra, el tipo de vellón DC es el más favorecido, seguido por CI y SC. Nuevamente, esto se confirma por Frank et al. (2011a). Por lo tanto, una clasificación según tipos de vellón más rigurosa podría ser seleccionando a vellones DC únicamente, porque este tipo de vellón reúne a ambas características que favorecen a la descordabilidad.

### **3.3. Frecuencia de rizo según TV**

La descripción de la estructura de vellón de llama en las Divisiones 3.3 a 3.9 fue enfocada en el objetivo del Subcapítulo 3 que principalmente está relacionado con el diámetro medio (DM), por lo cual para esta variable el análisis es el más detallado. Pero también las variables relacionadas a la ondulación de la fibra, que son la frecuencia de rizo (FR) y el grupo de rizo (GR), tienen una influencia decisiva para la homogeneidad de la fibra. DM, FR y GR son considerados las características principales y son analizados en detalle como para evaluar la conveniencia o necesidad de clasificar según tipos de vellón y finura tanto como de implementar un descordado, mientras que el largo de fibra (L) es mencionado sólo brevemente.

#### ***Grupo de fibras gruesas (GF1):***

Típico para la diferencia entre vellones DC y SC es la FR. Para más de un 60% de los vellones DC, la FR del GF1 es <1 ondulación/cm, que es equivalente a una fibra lacia o casi lacia,

mientras que para los vellones SC el porcentaje de vellones de FR tan reducida es bajo, porque las fibras de un vellón SC siempre muestran un patrón crimpado, inclusive las fibras gruesas (Figura 48). Esta es la razón por la cual el vellón SC, en la Figura 47, tiene una posición en la parte superior del gráfico. Típico para los vellones L es la FR reducida para el GF1 e, inclusive, para los otros dos GF es relativamente reducida, lo cual lleva a una posición en la parte baja de Figura 47.

En el gráfico del medio de la Figura 48 sobre el vellón SC se ve que sólo aproximadamente un 20% de las fibras del GF1 mostró una FR de  $<1$  ondulación/cm o sea un porcentaje claramente menor a los vellones DC y L. Además, para casi un 50% de las fibras se midió 1 ondulación/cm, para casi un 30% se midió 2 ondulaciones/cm y hasta hay fibras gruesas con 3 ondulaciones/cm. Esto confirma el patrón típico de las fibras rizadas del vellón SC. También confirma que dentro de ese patrón rizado hay FR variadas, o sea las fibras muestran una sinuosidad de tamaños diferentes, tal como se puede observar en la Figura 48. Por lo tanto, las fibras no se pueden cohesionar entre sí y se forma una estructura muy aireada. Además, hay que tener en cuenta que son esas fibras gruesas las que tienen la fuerza principal de definir la forma de la mecha, porque son las más rígidas por su grosor elevado.

En el caso del vellón L, tal como se ve en el gráfico a la derecha en la Figura 48 la ondulación de las fibras gruesas es de  $<1$  o 1 ondulación/cm, lo cual está acompañado por una ondulación larga, regular en forma de hélice, o sea tridimensional. Esto conduce a la forma típica de la mecha del vellón L que es un rulo muy extendido y que tiene mucha cohesión. Las fibras intermedias y finas son más rizadas, pero, de todas maneras, acompañan a la estructura armada por las fibras gruesas, porque no tienen la fuerza de contraponerse. Además, son mucho menos rizadas que las de los vellones DC y SC.

Para las fibras del GF1 del vellón DC, el gráfico a la izquierda de la Figura 48 muestra una curva casi idéntica a la del vellón L, pero, aun así, estas fibras forman una estructura muy distinta. Esto se debe a la irregularidad de las fibras en relación a su FR que no permite una cohesión entre ellas y, además, las fibras finas muestran diferentes FR y una estructura aireada, parecida a la del vellón SC.

Un tema que concierne la medición de la FR de las fibras de ondulación muy irregular, en especial las fibras gruesas del vellón DC, es que dependiendo del tramo de la fibra en el que se mide la FR tiene otro resultado. En ese sentido el método elegido para esta tesis para medir la FR puede ser cuestionado. Se eligió un método descrito por McGregor (2007) en el que se mide la cantidad de rizos por centímetro y se elige al azar en cuál tramo de la fibra medir. Otro método para medir la FR podría ser el implementado por Frank (2001) en el que se tiene

en cuenta el largo completo de la fibra, o sea que la FR resulta de la división de la cantidad de rizos (“valles” o “cimas”) por el largo total de la fibra. La FR del vellón DC posiblemente hubiese sido menor que la del vellón L si en esta tesis se hubiese utilizado ese método.

***Grupo de fibras finas (GF3):***

Respecto a las fibras de GF3, la FR de los vellones DC, CI y SC observada era casi idéntica, mientras que las fibras del GF3 de los vellones HL y L mostraron una ondulación diferente, de frecuencia menor, lo cual se puede apreciar en la Figura 48. Respecto a la clasificación según tipos de vellón, esto indica la conveniencia de juntar los vellones HL y L por un lado y, por otro, los vellones DC, CI y SC.

### **3.4. Grupos de rizo según TV**

***Grupo de fibras gruesas (GF1):***

Respecto a las fibras gruesas, la Figura 49 a Figura 51 muestran que los tres TV graficados tienen en común que casi todas las fibras del GF1 están reunidas en un sólo GR, el GR4. Pero, en el momento de clasificar según tipos de vellón, es importante tener en cuenta que las fibras del GF1 muestran diferencias importantes en relación a su patrón de ondulación, aunque pertenezcan al mismo GR. Para clasificar correctamente es de ayuda tener esto en mente. Para vellones DC, el patrón del GR4 muestra una irregularidad elevada, cambiando de curvas largas a cerradas que son seguidas por partes muy lacias de la fibra. Para el vellón SC el patrón del GR4 es parecido, pero no contiene partes lacias, lo cual conlleva a una FR más elevada. Para una fibra del vellón L, el típico patrón del GR4 es una ondulación larga y muy regular, parecida a la forma que sería la hélice de un sacacorchos extendido.

Para debatir acerca de la estructura típica de vellones DC, es revelador observar la Figura 49 al mismo tiempo que la Figura 48: se observa que este es el TV que muestra la mayor diferencia respecto a GF1 y GF3. De hecho, esto es la razón para la posición solitaria del vellón DC del lado izquierdo de la Figura 47, ya que la marcada diferencia respecto al tipo de ondulación de las fibras de GF1 y GF3, tanto en lo que respecta al GR como a la FR, conlleva a un vellón de capa doble.

Para el tipo de vellón L se destaca la típica mecha de ondulación extendida y sin volumen. Esta se forma por la presencia de muchas fibras finas que pertenecen al GR4 y que acompañan a las fibras gruesas que siempre son de ese GR. Además, sucede que las fibras finas de vellones L muestran el mismo patrón de ondulación regular de las fibras gruesas. Ambas características permiten que las fibras finas y gruesas se puedan arrimar mucho unas a lo largo de las otras y se acomoden en mechas muy cerradas.

### ***Grupo de fibras finas (GF3):***

Si se toma el GF3 como equivalente al producto del procesamiento de descordado y se apunta a la mayor homogeneidad posible con el fin de mejorar el comportamiento de la fibra de llama durante el procesamiento textil, esto implica responder a la necesidad de juntar a los TV que tengan las mismas características, específicamente en ese GF. Como conclusión se puede decir lo mismo que lo dicho respecto a la FR, que es conveniente agrupar vellones DC, CI y SC por un lado y vellones HL y L por otro. Esta constatación también se refuerza mirando a la Figura 49 y Figura 50, las cuales representan a los vellones DC y SC y tienen una apariencia muy parecida.

### **3.5. Largo de fibra según TV**

El rango amplio de largos de 4 a más de 20 centímetros se puede atribuir a la presencia de diferentes intervalos de esquila y, además, a la presencia de animales que nunca fueron esquilados. Esta variabilidad se puede reducir a través de la esquila anual.

Los resultados relacionados al largo de fibra son descriptos solamente en breve, ya que, a través de las tres características principales, que son DMT, FR y GR, se puede evaluar el efecto potencial de clasificar y descordar. Por la misma razón, el análisis de datos, no incluye el tipo de médula, rigidez, altura de escamas y presencia o ausencia de lustre, aunque estas características puedan ser de interés para la industria textil.

### **3.6. Diámetro medio según TV**

El grupo de fibras gruesas (GF1) representa a las así llamadas fibras objetables, mientras que el grupo de fibras finas (GF3) representa a las fibras deseables con potencial para ser destinadas a la producción de textiles finos y, en este contexto, son equivalentes al producto de descordado. Las fibras del GF2 representan una posición intermedia entre estos dos extremos y no son analizadas en detalle.

### ***Grupo de fibras gruesas (GF1):***

En la Tabla 8 se muestra que el vellón DC tiene las fibras del GF1 más gruesas y su DM (DM1e) está claramente por encima de la media del DM de las fibras gruesas de todos los TV, que es 45,5  $\mu\text{m}$ , tal como lo muestra la Tabla 15 (columna 2, fila 1). Además, el valor del desvío estándar del vellón DC (DE1e) es claramente el más alto con más de 8  $\mu\text{m}$ . El vellón CI es el que le sigue al vellón DC, lo cual es lógico de acuerdo a la descripción del vellón CI siendo un tipo intermedio entre DC y SC. El hecho de que las fibras del GF1 del vellón DC son más gruesas que las de los otros tipos de vellón no hace mucha diferencia en relación a la presencia de fibras objetables y la necesidad de descordar, porque una media de aproximadamente 40 o 41  $\mu\text{m}$ , que fue calculada para los vellones L y SC, también confirma

la presencia de fibras gruesas que son capaces de producir picazón sobre la piel. Esto lleva a la conclusión que, si el objetivo es elaborar prendas finas, todos los TV necesitan ser descordados.

#### ***Grupo de fibras finas (GF3):***

El GF3 se puede evaluar como equivalente al producto del procesamiento de descordado. La Tabla 9 incluye los resultados para todos los vellones, o sea sin implementar una clasificación según finura, y el DM del GF3 (DM3e) muestra que los tipos de vellón SC y L proveen fibras del GF3 más finas. La media del DM del grupo de fibras finas es 24,4  $\mu\text{m}$  (Tabla 15, columna 26, fila 1), o sea que los tipos de vellón SC y L con un DM3e entre 22 y 23  $\mu\text{m}$  se ubican por de bajo de ese valor. Sin embargo, la suma del DM y del DE del grupo de fibras finas (DM3e + DE3e) para ambos TV suma un micronaje alrededor de 26  $\mu\text{m}$ , lo cual muestra la necesidad de mejorar la finura para poder proveer una materia prima de suficiente calidad textil. Esto indica la necesidad de implementar otra medida adicional al descordado para reducir el DM, la cual podría ser la clasificación según finura. Esto es evaluado en los párrafos siguientes.

### **3.7. Diámetro medio según TV con y sin clasificación y/o descordado**

#### ***Grupo de fibras finas (GF3):***

Después de implementar una clasificación de los vellones según finura, cambia el resultado respecto al DM del GF3 (DM3e), tal como muestran las Tablas 10 y 11. En este caso, el DM3e del tipo de vellón DC no muestra diferencias significativas al de los otros TV. Eso confirma que, si se implementa una clasificación según finura con un descordado posterior, es adecuado juntar los tipos de vellón DC, CI y SC tal como se propuso en el último párrafo de la División 3.3 y el último párrafo de la División 3.4 del Capítulo V relacionado a la FR y el GR respectivamente.

Lo que llama la atención es que un porcentaje mucho mayor de vellones DC y CI tenían un DMTne elevado y debieron ser aparados del análisis como para simular de solo mantener vellones finos en el lote “descordado”. Esto se puede observar al evaluar la cantidad de vellones analizados que figuran en la columna 2 de las Tablas 9 a 11. Para seleccionar a los vellones de DC y CI con  $\text{DMTne} < 28 \mu\text{m}$  se apartaron el 63% y 64% de los vellones de cada tipo respectivamente, mientras que de los vellones SC, HL y L se apartaron sólo un 26%, 43% y 17% respectivamente.

### **3.8. Diámetro medio con/sin clasificación y/o descordado**

En esta división se hicieron los análisis con todas las muestras juntas, o sea que no se distinguen diferencias entre TV.

El engrosamiento de la fibra con la edad del animal es un fenómeno conocido (McGregor & Butler, 2004; Frank et al., 2006a). Por lo tanto, se decidió incluir solamente los datos de animales jóvenes para este análisis como para determinar si, de esa manera, la variabilidad del diámetro podría llegar a ser satisfactoria. Además, los resultados del Subcapítulo 1 confirmaron que los vellones de las clases de 1 a 3 mostraron la mejor calidad textil. Esto corresponde a una selección de únicamente animales jóvenes para la esquila como para armar un lote de vellones relativamente finos. La edad límite se estableció en sólo tres años. A esta clasificación a campo se le agregó la simulación de otro tipo de clasificación más, la cual está dada por el hecho de que el lugar para la toma de muestra se ubica en el flanco del animal, o sea en una parte del cuerpo del animal en la que el vellón tiene su mejor calidad. Esto es equivalente a una clasificación de fibra de acuerdo a regiones corporales (Frank et al., 2007b) que se lleva a cabo durante o después de la esquila en la que se apartan las garras y otras partes de fibra gruesa.

Aun así, la distribución del DMTne que muestra Figura 53 incluye un rango amplio de diámetros, lo cual muestra que aún con lo mencionado en el párrafo anterior hace falta implementar medidas que permitan apartar fibra demasiado gruesa si el fin es la elaboración de prendas finas. Bajo esa mirada, es ilustrativo ver como la distribución del DMTne se abre en tres distribuciones, una representando a cada GF (DM1e, DM2e y DM3e). El 31% de los vellones analizados mostraron un DM3e en el rango de 23,5  $\mu\text{m}$  y un 25% en el rango de 20,5  $\mu\text{m}$  (rangos definidos en Tabla 1). El problema es que, en el vellón de llama, este segmento de fibras finas coexiste con otro segmento de fibras objetables. Estas últimas, en la Figura 53, están representadas principalmente a través de la curva de distribución de DM1e. Pero, también la distribución de DM2e muestra un porcentaje alto de vellones con fibras del GF2 gruesas, lo cual significa que muchas de las fibras de diámetro intermedio son gruesas.

En la columna 1 de Tabla 15 se ve la magnitud de la reducción del DM que se logra a través de la clasificación según finura. Esta varía entre aproximadamente 2 y 4  $\mu\text{m}$ , según la cantidad de vellones excluidos. La pregunta es si se puede decir que la clasificación como medida única es suficiente como para proveer materia prima para la elaboración de textiles finos. El valor de 25,0  $\mu\text{m}$  en la parte inferior de la columna indica que existe una limitación, especialmente teniendo en cuenta que ese valor es el de la media e incluye un DE de varios micrones, o sea que indica que, después de la clasificación, es necesario implementar un descordado.

#### ***Grupo de fibras gruesas (GF1):***

El borde grueso de la distribución del DMTne consiste en la presencia de fibras del GF1. Estas se grafican a través de la distribución de DM1e en la Figura 53 y se ve cuán gruesas pueden llegar a ser las fibras del GF1. Teniendo en cuenta que fibras de un diámetro mayor a 30  $\mu\text{m}$



son gruesas, también más de la mitad de las fibras del GF2 son objetables, lo cual se ilustra a través de la distribución de DM2e. Después de clasificar, incluyendo a vellones de  $DMTne < 31\mu m$  o de  $DMTne < 28\mu m$  solamente, el porcentaje de fibras gruesas del GF2 disminuye un poco, tal como se puede apreciar en las Figuras 54 y 55 tanto como en las columnas 4 y 5 de la Tabla 15.

La picazón producida por textiles se determina a través de la cantidad de fibras que son más gruesas que un cierto valor límite del diámetro. Este umbral se encuentra alrededor de  $30\mu m$  y la información acerca de la forma del borde grueso dentro de la distribución del diámetro no es necesario (Naylor, 1992b). De acuerdo a esto, la presencia de fibras objetables está dada para todos los vellones, también para aquellos de DMTne más finos, ya que las fibras del GF1 siempre son más gruesas que ese valor límite. Por lo tanto, también los vellones más finos requieren de un descordado.

Tomando el porcentaje de fibras del GF1 como referencia, se llega a la misma observación respecto a la presencia de fibras objetables. Este umbral se definió en un 3,23% (peso/peso) de fibras objetables (Frank et al., 2014). Tomando el peso de las fibras del GF1 como equivalente a fibras objetables, todos los vellones analizados se encuentran por encima de ese umbral y, por lo tanto, necesitan ser descordados: en promedio los vellones contienen un 17% (peso/peso) de fibras objetables, con un mínimo de 3% y un máximo de 55%.

Otro aspecto que está en acorde con lo dicho en los dos párrafos anteriores respecto a la necesidad de descordar se grafica en la Figura 54. Ahí se muestra que la clasificación según finura no es capaz de reemplazar el descordado, ya que, después de clasificar,  $DM1e < 31$  aun sigue manteniendo un grosor muy alto. Esta observación se confirma a través de una clasificación aún más rigurosa en la que se incluyen solamente vellones de  $DMTne < 28\mu m$ , tal como se ve en la Figura 55. El resultado es prácticamente el mismo: la distribución de  $DM1e$  todavía cubre un rango de  $30\mu m$  hasta por encima de  $50\mu m$ . Además, a través de clasificar, la media de la distribución de  $DM1e$  solamente se reduce de 45,5 a  $41,1\mu m$  (Tabla 15, columna 2). Las distribuciones del GF1 con y sin clasificar también se grafican en Figura 56: se observa el corrimiento de las distribuciones de  $DM1e$ ,  $DM1e < 31$  y  $DM1e < 28$  hacia la izquierda, pero sólo por muy poco, o sea manteniendo un grosor alto. Dicho en términos generales, esto significa que vellones finos pueden proveer fibras finas más finas, pero las fibras gruesas siguen siendo gruesas. En consecuencia, se puede constatar que la clasificación según finura prácticamente no reduce el  $DM1$ , o sea la presencia de fibras objetables. Esto significa que, después de clasificar vellones según finura, el descordado sigue siendo necesario como proceso capaz de reducir la variabilidad respecto al diámetro y de sumar valor a la fibra de llama como materia prima textil.

Además, hay que prestar atención especial respecto a procesos en los que se realiza un descordado parcial y es importante no confundir esta situación con un descordado completo, el cual es necesario para iniciar la cadena productiva para la elaboración de textiles finos. Por ejemplo, en el caso de no aplicar un descordado antes de llevar la materia prima a cardar, sino que se lleva a cardar fibra sucia directamente, se produce un descordado parcial, por lo cual en el bajo carda se juntan muchas de las fibras muy gruesas junto a materia vegetal. Esto significa que algunas de las fibras del GF1 fueron separadas, pero se está lejos de una eliminación completa de las fibras objetables, o sea de un descordado completo. Este tipo de proceso es equivalente de la eliminación del borde grueso del GF1, o sea un descordado parcial.

Para desarrollar más detalladamente lo que se plantea en el párrafo anterior es útil mirar la Figura 55, ya que se puede ver bien cuál sería la situación si se argumentara que para elaborar textiles finos sería suficiente implementar una clasificación que incluye a vellones de  $DMTne < 28 \mu m$  y un descordado parcial que se realiza mediante una cardadora. La distribución de DM1e muestra que el borde grueso se ubica a aproximadamente 45 a 53  $\mu m$ . Si en un descordado parcial se elimina solamente ese borde grueso, la parte mayor de las fibras objetables se retendrían en la mecha de cardado y, por lo tanto, en el hilado también, lo cual significaría que el problema de la sensación de picazón sobre la piel persistiría.

### ***Grupo de fibras finas (GF3):***

En la Figura 53 se grafica la distribución de DM3e en la parte izquierda del gráfico. Si bien el punto máximo de esta curva se encuentra en el rango de 23,5  $\mu m$ , su media se corre más hacia la derecha, a 24,4  $\mu m$ , dado el abultado borde de fibras gruesas a la derecha de la curva. Este borde grueso muestra la existencia de un 17% de vellones con un DM3e en los rangos de 29,5 y 32,5  $\mu m$ , o sea vellones en los que las fibras más finas no son “finas” según los rangos establecidos en la Tabla 1, sino “medianas” o “gruesas”. Para éstos, un descordado no sería indicado, ya que el producto de descordado seguiría siendo grueso y, por lo tanto, no son aptos para la elaboración de textiles finos. Debido a este hecho, queda confirmado que la clasificación según finura es un paso necesario previo al descordado con el fin de descordar únicamente vellones que realmente provean fibras finas.

La Figura 54 muestra el resultado de la simulación de una clasificación que incluye vellones de  $DMTne < 31 \mu m$  solamente. Aquí, el segmento de las fibras de DM3e gruesas es eliminado y, para el 99% de los vellones, DM3e es menor a 28  $\mu m$  y menor a 25  $\mu m$  para el 80%. Esto confirma la efectividad de la clasificación según finura, ya que la presencia de fibras finas dentro de un lote de fibra aumenta.

El grado de finura del textil que se pretende elaborar tiene influencia en la decisión respecto a cuán bajo debe ser el límite del DMTne que se utiliza al clasificar según finura. Además, el DEe debe ser tenido en cuenta. Por ejemplo, para los vellones con un DMTne dentro del rango de 28 a 31  $\mu\text{m}$ , el DM3e varía entre 18 y 28  $\mu\text{m}$ . Esto confirma el hecho conocido de que, para determinar la calidad textil respecto a la finura, el DM no es la única variable, sino que debe ser completada por la DE (Dolling et al., 1992).

El promedio del rinde al descordado se calculó en un 69% y podría ser mayor para vellones finos. La variable utilizada para definir el rinde es el peso del GF3 en relación al peso de la mecha disecada completa (Frank et al., 2009).

### **3.9. Potencial de la clasificación y del descordado**

En esta división se hicieron los análisis con todas las muestras juntas, o sea que no se distinguen diferencias entre TV.

#### ***Reducción del DM a través de la clasificación (sin descordar posteriormente):***

El Test de KW de Tabla 12 muestra la modificación del DMTne que se logra a través de la clasificación, sin realizar, posteriormente, un descordado. Con delimitar los vellones incluidos a los de un DMTne menor a 31  $\mu\text{m}$  se confirma una diferencia significativa de la media de DMTne y al bajar el límite de DMTne 3  $\mu\text{m}$  más, hasta 28  $\mu\text{m}$ , también muestra una diferencia significativa. Se confirma la efectividad de la clasificación de vellones según finura. Es interesante observar que una reducción de DMTne de 3  $\mu\text{m}$  conlleva a una reducción de DM3e de 1,5  $\mu\text{m}$ . Pero, si bien se confirma una reducción significativa de la media de DMTne, este resultado no necesariamente es satisfactorio en relación a la calidad textil que se logra. Por un lado, el valor para la media de DMTne de 25,0  $\mu\text{m}$  está en el extremo superior del rango de fibras "finas", por lo cual se debería lograr mayor finura y, además, al carecer del descordado contiene fibras objetables. Este último aspecto tampoco se terminaría de solucionar por clasificar aun más rigurosamente, porque, tal como fue mencionado anteriormente (División 3.8, GF1 en el segundo párrafo), también los vellones de DMT más bajo contienen fibras objetables.

#### ***Reducción del DM a través del descordado (sin clasificar los vellones anteriormente):***

En la Tabla 13 se ve la reducción del DM que se logra a través del descordado, sin antes realizar una clasificación de los vellones según finura. La media de los DMTne de los vellones sin clasificar tiene un valor de 28,7  $\mu\text{m}$  que, a través del descordado, se reduce a una media de DM3e 24,4  $\mu\text{m}$ . Este valor del GF3 es considerado como equivalente al producto de descordado. El Test de KW confirma un cambio significativo respecto al DM y se confirma la

efectividad del descordado. Pero, de todas maneras, no sería correcto interpretar automáticamente que este resultado significa que, a través del descordado por sí sólo, se puede lograr una materia textil homogénea y de calidad textil suficiente para la producción de textiles finos: será más fina, pero no necesariamente de calidad textil suficientemente fina. O sea que, el DM del GF3 siempre es más fino que el resto de la muestra, y en ese sentido se puede afirmar que el resultado de esta prueba estadística es acertado, pero no necesariamente es “fino” según la clasificación de la Tabla 1 en la que las fibras “finas” se ubican en un rango entre 22 y 25,9  $\mu\text{m}$ . El valor de DM3e de 24,4  $\mu\text{m}$  se ubica en el medio del rango de fibras “finas”, pero teniendo en cuenta a DE3e lo puede superar hacia un grosor más alto y, de hecho, para la elaboración de textiles finos no sólo se apunta a una materia prima de fibra “fina”, sino en lo posible también a fibras “superfinas” y “ultrafinas”.

Figura 53 ilustra la distribución del DM de un lote de fibra que se compone por vellones que no fueron clasificados según finura. Lo que sí se puede ver en este gráfico es un descordado por suponer que el producto de descordado es representado por la distribución del DM3e. Visualmente, la reducción del diámetro de fibra aparenta ser aproximadamente de 3  $\mu\text{m}$ , lo cual es ilustrado a través de la brecha entre la distribución de DMTne y DM3e. La reducción calculada de la media de la distribución de DMTne (28,7  $\mu\text{m}$ ) a la media de la distribución de DM3e (24,4  $\mu\text{m}$ ) que se obtiene a través del descordado es 4,3  $\mu\text{m}$ , tal como se ve en la columna 8 de Tabla 15. De todas maneras, de acuerdo a lo constatado arriba (División 3.8, GF3, primer párrafo), el descordado sería recomendable solamente para vellones de cierta finura. Además, la media de la distribución de DM3e obtenida de 24,4  $\mu\text{m}$  con un DE3e de 4,1  $\mu\text{m}$  no es satisfactorio para proveer materia prima para la producción de textiles finos.

***Reducción del DM a través de una combinación de la clasificación y del descordado:***

De acuerdo a lo desarrollado en esta división, se puede concluir que ambas medidas para reducir el DM, la clasificación y el descordado, implementadas por sí solas, no son satisfactorias. Queda evaluar la posibilidad de implementar estas dos medidas con potencial para reducir la variabilidad respecto al diámetro, una después de la otra.

Después de clasificar según finura y descordar, la reducción del DM es aun mayor. Según el Test de KW de Tabla 14, una clasificación más rigurosa ( $\text{DMTne} < 28\mu\text{m}$ ) seguida por un descordado, da una diferencia significativa respecto a una clasificación básica ( $\text{DMTne} < 31\mu\text{m}$ ) seguida por un descordado. Se confirma que clasificar según finura mejora el impacto del proceso de descordado posterior.

La columna 9 de Tabla 15 muestra que la media de la distribución de DMTne de un lote de vellones sin clasificar ni descordar de 28,7  $\mu\text{m}$  se logra bajar por implementar una clasificación

seleccionando vellones de  $DMT_{ne} < 31 \mu m$  con un descerdao posterior. Se baja a una media la distribución de  $DM_{3e}$  de  $22,8 \mu m$ , o sea que la reducción es de  $5,9 \mu m$ . Al seleccionar vellones de  $DMT < 28 \mu m$  y descerdar, la reducción es de  $7,1 \mu m$ . En la parte superior de la columna 9 no hay un valor, porque corresponde al DM sin clasificar.

La Figura 57 muestra como las distribuciones de  $DM_{3e}$  se mueven hacia diámetros más finos después de clasificar y descerdar. La clasificación es representada por la secuencia de las tres distribuciones ubicadas en el centro del gráfico que representan el diámetro medio total:  $DMT_{ne}$ ,  $DMT_{ne} < 31$  y  $DMT_{ne} < 28$  y corresponde a la columna 1 de la Tabla 15. Las distribuciones que incluyen una clasificación,  $DMT_{ne} < 31$  y  $DMT_{ne} < 28$ , muestran una bajada abrupta de su lado derecho, ya que no se incluyen vellones en los rangos de  $32,5$  y  $29,5 \mu m$  respectivamente. El proceso de descerdao, con o sin clasificación anterior, es representado por la secuencia de las tres curvas ubicadas a la izquierda del gráfico, o sea las distribuciones que corresponden al producto de descerdao:  $DM_{3e}$ ,  $DM_{3e} < 31$  y  $DM_{3e} < 28$ . Estas tres distribuciones están resumidas en las columnas 6 y 7 de la Tabla 15.

Tal como se ve en Figura 57, las distribuciones de  $DM_{3e}$  de vellones de  $DMT_{ne} < 31 \mu m$  y  $DMT_{ne} < 28 \mu m$ , incluyen un porcentaje alto de fibras de entre aproximadamente  $20$  a  $24 \mu m$ . Para la clasificación menos rigurosa ( $DMT_{ne} < 31 \mu m$ ), el porcentaje de vellones con un  $DM_{3e}$  menor a  $25 \mu m$  resultó ser de un  $81\%$  y con un  $DM_{3e}$  menor a  $22 \mu m$  era  $40\%$  ( $DM_{3e} < 31$ ). Para la clasificación más rigurosa ( $DMT_{ne} < 28 \mu m$ ), estos valores resultaron ser  $96\%$  y  $58\%$  respectivamente ( $DM_{3e} < 28$ ), o, dicho de otra manera, casi la totalidad de fibras del GF3 resultaron ser “finas” según la denominación de rangos de la Tabla 1 y más de la mitad “superfinas”. Tal como se muestran en las columnas 6 y 7 de Tabla 15, la media de la distribución de  $DM_{3e}$  del grupo de vellones de  $DMT_{ne} < 31 \mu m$  y  $DMT_{ne} < 28 \mu m$  resultó ser  $22,8$  y  $21,6 \mu m$  respectivamente, con una  $DE_{3e}$  de  $3,8$  y  $3,7 \mu m$  respectivamente. Tomando las muestras de este subcapítulo como referencia, este segmento de fibras representa el potencial de la fibra de llama como materia prima textil destinada a la producción de textiles finos.

Las pruebas según los diferentes Test de Kruskal Wallis indican que la hipótesis específica del Subcapítulo 3 es confirmada, ya que, tanto las pruebas hechas respecto a una implementación de la clasificación (Tabla 12) como del descerdao (Tabla 13) dan significativo respecto a los DM logrados. También las sumas de estas dos medidas muestran un impacto significativo respecto al DM que se logra (Tabla 14).

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES**

### **CONCLUSIONES GENERALES:**

#### ***Efecto de la edad:***

El estudio del efecto de la edad relacionado a la estructura de vellón de llama reafirmó la existencia del fenómeno conocido del engrosamiento de fibra debido al incremento de la edad, conocido como “micron blowout”. Además, se observó que todos los tipos de fibra muestran este efecto biológico, pero el aporte al engrosamiento del diámetro medio total de fibra (DMT) es más marcado por parte de las fibras gruesas, especialmente para las fibras de médula grande, ya que estas son las que más aumentan su diámetro medio y aumentan su frecuencia. O sea que, se confirmó una modificación de la estructura de vellón desfavorable desde el punto de vista de la calidad textil que se produce con el incremento de la edad del animal, concomitantemente con el aumento de tamaño corporal (superficie).

#### ***Efecto del descordado:***

El estudio respecto a la estructura de fibra de llama que se encuentra dentro del procesamiento de descordado reafirmó una modificación favorable que implica una mejora respecto a la calidad textil de la fibra. Se confirmó que, en primer lugar, eso es debido a la separación de las fibras gruesas que son incluidas en el subproducto y, a la vez, es debido al aumento de las fibras finas en el producto de descordado, por lo cual se logra reducir el DMT del producto y el efecto de picazón debido a la reducción de fibras objetables.

Por lo descrito en los párrafos anteriores se confirmó que la hipótesis general es validada, ya que la edad del animal modifica la estructura de vellón desfavorablemente desde el punto de vista de la calidad textil, lo cual es rectificado con el procesamiento de descordado, pero con la salvedad que esto puede ser validado solamente hasta los primeros 5 años de vida del animal aproximadamente y depende de la calidad textil requerida. Más allá de la edad en la cual se produce esta limitación, la hipótesis general debe ser refutada para vellones de los cuales el grupo de fibras más finas tiene un grosor demasiado elevado, ya que son estas fibras las que constituyen el contenido del producto y su diámetro medio casi no se reduce debido al descordado, por lo cual la pérdida de la calidad textil no puede ser rectificadas.

Entonces, surge la necesidad de colocar la hipótesis general dentro del contexto existente de la producción de fibra que incluye a vellones de valor textil variado, inclusive a vellones gruesos cuyas fibras finas no son suficientemente finas. Por lo tanto, se concluyó que, para la producción de textiles finos, el descordado por sí solo no puede garantizar un producto de

descerdado suficientemente fino, sino que este debe ser implementado posteriormente a una clasificación de los vellones según finura.

Asimismo, se verificó otra limitación a la hipótesis general relacionada al contenido de las fibras objetables, porque, si bien el descerdado siempre mejora la calidad textil, no siempre es capaz de separar todas las fibras objetables del producto de descerdado y se necesitan más estudios para verificar cuáles son los factores que pueden mejorar la separación de estas fibras.

#### ***Efecto de la clasificación y el descerdado:***

La necesidad de implementar una clasificación según finura fue confirmada a través de los análisis realizados en cada uno de los tres subcapítulos. A su vez, se observó que la clasificación por sí sola tampoco es suficiente para lograr la materia prima deseada, ya que, aunque los vellones de DMT fino incluyan un alto porcentaje de fibras finas de alta calidad textil, estas se encuentran entremezcladas con fibras objetables que tienen la capacidad de producir picazón sobre la piel. Eso significa que, más allá del efecto de la edad, se confirmó la necesidad de implementar un descerdado para mejorar la calidad textil de la fibra de llama desde la primera esquila realizada con animales de un año de edad, porque inclusive para estos animales jóvenes, el contenido de fibras gruesas (objetables) en el vellón es más alto de lo aceptable. Finalmente, se verificó que, si se implementan ambas medidas, la clasificación según finura y un descerdado posterior, la fibra de llama consiste en una materia prima de alto valor textil.

Asimismo, a través de los análisis realizados en cada uno de los tres subcapítulos, se confirmó la necesidad de implementar, adicionalmente a la clasificación según finura, una clasificación según tipos de vellón antes del descerdado. Basado en el estudio de la estructura de vellón en los Subcapítulos 1 y 3, se verificó que, para lograr materia prima textil de la mayor homogeneidad respecto a la frecuencia de rizo (FR) y los grupos de rizo (GR), es conveniente implementar la clasificación según tipos de vellón y juntar vellones DC, CI y SC por un lado y vellones HL y L por otro. Además, a través del procesamiento de descerdado realizado en el contexto del Subcapítulo 2, se verificó la conveniencia de esta separación de tipos de vellón, ya que los vellones DC, CI y SC mostraron un comportamiento parecido mientras que los vellones de tipo lustre (HL y L) tuvieron otro comportamiento diferente.

Esto significa que no es recomendable procesar todos los tipos de vellón juntos, sino que es conveniente implementar una clasificación según tipos de vellón antes del descerdado. Características parecidas de las fibras procesadas garantizan un comportamiento parecido durante el descerdado y, por lo tanto, una puesta a punto de la máquina descercadora más

factible que conlleva a un mejor desempeño del descordado tanto como del proceso productivo posterior.

## **CONCLUSIONES ESPECÍFICAS:**

### **1. Efecto de la edad sobre la estructura de vellón de llama**

#### ***Modificación con la edad:***

A través del estudio de la estructura de vellón se reafirmó la existencia del efecto de la edad que produce un engrosamiento del diámetro medio total de fibra (DMT), el cual fue descrito en la literatura existente anteriormente. Además, se confirmó que este efecto biológico se origina en un aumento de todas las variables de diámetro medio (DM) analizadas, tanto las de cada grupo de fibra como las de cada tipo de fibra. Estos DM evidenciaron todo el mismo efecto biológico, el cual consiste en un DM inicial bajo que aumenta hasta estabilizarse a cierta edad y, luego, comienza a reducirse.

Aunque el engrosamiento de la fibra existe para todos los grupos de fibra y todos los tipos de fibra, el aporte de las fibras gruesas (GF1) al engrosamiento de DMT es mayor que el de los otros dos grupos de fibra, ya que el GF1 aumenta significativamente respecto a su frecuencia de fibra relativa (N%1), mientras que la frecuencia de fibra de GF2 (N%2) se mantiene prácticamente estable y la del GF3 (N%3) baja. A su vez, el GF1 está compuesto por los tipos de fibra de médula continua y grande y son estas últimas las fibras que más contribuyen al engrosamiento del DMT. Esto es así porque el engrosamiento en sí de las fibras de médula grande (DMG) es mayor que el de los otros tipos de fibra y, a la vez, porque su frecuencia de fibra relativa (N%G) aumenta significativamente con la edad.

Se determinó que, después del aumento inicial, el DMT<sub>vo</sub> de los vellones de las tropas observacionales se estabiliza a partir de la clase de edad 4, con el punto máximo de la curva de esta variable ajustada a un polinomio de segundo grado tiene su máximo a los 5,7 años. Para la tropa experimental se determinó la estabilización de DMT<sub>v</sub>, DMT<sub>p</sub> y DMT<sub>n</sub> entre las clases de edad 5 a 6 aunque sus puntos máximos de un polinomio de segundo grado están entre 8,8 y 10,3 años respectivamente, dependiendo de las diferentes maneras de expresar el DMT. Se observó que el mayor aporte al corrimiento de la curva de DMT de los animales experimentales hacia mayor edad es debido al grupo de fibras gruesas (GF1) y, dentro de este grupo de fibras, es debido a las fibras de médula gruesa. Se confirmó que, según la distribución de edades en las tropas de llamas, puede diferir la edad en la que se da el máximo DMT.



***Calidad textil definida por las fibras objetables:***

Se mostró que el GF1 se compone por completo por fibras objetables y que esto es así desde la clase de edad 1. Esto significa que también para vellones provenientes de una primera esquila realizada al año de edad, se confirmó la necesidad de implementar el descordado para lograr materia prima de alta calidad textil.

***Calidad textil definida por el grupo de fibras finas:***

Tomando el grupo de fibras finas (GF3) contenidas en una mecha como indicador de la calidad textil, ya que es equivalente al producto de un eventual descordado, se confirmó que la más alta calidad textil se puede esperar de vellones correspondientes a las clases de edad 1 a 3, o sea de hasta los 3 años de vida del animal. Se observó que en esas tres clases de edad iniciales las fibras del GF3 son superfinas o finas (DM de 20,6 a 23,5  $\mu\text{m}$ ), o sea que se trata de vellones que contienen materia prima de un alto potencial, que son adecuados para ser destinadas al descordado y se confirmó la alta calidad textil que puede proveer la fibra de llama. Se mostró que la selección de vellones de animales de hasta 3 años de edad puede ser considerado un buen criterio rudimentario para seleccionar vellones para ser procesados juntos y, así, lograr una primera aproximación a lo que podría ser una clasificación de vellones según finura para lograr materia prima de mejor calidad textil

Se observó que inclusive para las clases de edad 4 y 5 el DM del GF3 se encuentra por debajo del umbral de 26  $\mu\text{m}$ , por lo cual se confirmó que también en esas clases de edad se proveen vellones que pueden ser considerados para ser descordados, dependiendo de cuán altas son las exigencias del producto final. Asimismo, se confirmó que, al utilizar vellones de animales de 6 años o edad más avanzada y si el fin es lograr materia prima fina, hay que prestar especial atención a las fibras finas contenidas en el vellón (más que a las fibras gruesas), ya que la cuestión es, si estas fibras son suficientemente finas como para poder proveer materia prima de suficiente finura. O sea que, se constató la importancia de hacer un uso diferenciado de los vellones que contienen fibras finas si el fin es la producción de textiles finos, por ejemplo, a través de la clasificación según finura con un posterior descordado.

Por lo descrito en los párrafos anteriores, se validó la 1° hipótesis específica, ya que se confirmó que, desde el punto de vista de la calidad textil, el efecto de la edad tiene un impacto desfavorable sobre el vellón de llama en relación al diámetro medio de fibra (DM) y a la frecuencia de fibra relativa (N%). Este efecto desfavorable se origina en una modificación de la estructura de vellón, la cual es descrita en los párrafos siguientes.

**Estructura de vellón:**

Se afirmó que el GF1 se compone por completo por fibras gruesas o muy gruesas, que son de frecuencia de rizo muy reducida y que pertenecen todas al grupo de rizo 4 (GR4). Se verificó que se trata de fibras objetables en su totalidad. En relación al GF2 se destacó la gran variabilidad de los tipos de fibra y sus respectivos DM: a diferencia de los GF1 y GF3, se compone por todos los tipos de fibra y estas son de diámetros muy variados. Se observó que el GF3 está principalmente compuesto por las fibras ameduladas y de médula fragmentada y que esto sigue siendo así, aún con el crecimiento del animal. Se observó un aumento de la fibra medulada con el incremento de la edad.

Se determinó que durante las primeras tres clases de edad el rinde al descordado, que se equivale con el peso relativo del GF3, se promedia en un 68%, para las clases de edad de 4 y 5 se encuentra alrededor del 61% y, luego, baja hasta aproximadamente un 50% y pone en duda hasta cuál edad del animal se justifica ese procesamiento textil.

Se observó que las fibras de médula gruesa contenidas en el GF1 constituyen casi el total de las fibras contenidas en la mecha completa. En relación a las fibras de médula continua se vio que están presentes en los tres GF, aunque el DM claramente cambia de menor a mayor entre el GF3 y el GF1. Además, se constató que las fibras de médula interrumpida son muy poco frecuentes en todos los GF y que las fibras de médula fragmentada corresponden al GF2 y GF3. Por último, se determinó que las fibras ameduladas del GF3 son las que componen casi el total de las fibras ameduladas contenidas en una mecha.

Respecto al largo de fibra se observó que se reduce con la edad del animal y que se estabiliza en la clase de edad 5, lo cual se observó para los tres GF por igual. Además, se verificó que el largo de las fibras gruesas (L1) de una mecha es claramente mayor que el de las fibras finas (L3), pero que, de todas maneras, el largo de las fibras finas siempre mantiene un valor por encima de 7 cm.

El análisis de la frecuencia de rizo (FR) confirmó que los tres GF difieren claramente respecto a su FR, siendo el GF1 el de fibras más lacias, el GF3 el de fibras más rizadas y el GF2 el de valores intermedios y que esta diferenciación se mantiene con el crecimiento del animal. Respecto a los grupos de rizo (GR) también se detectaron claras diferencias entre los tres GF y las modificaciones respecto a la edad son muy reducidas. El estudio de los GR confirmó que, para lograr materia prima más homogénea, es conveniente implementar la clasificación según tipos de vellón y juntar vellones DC, CI y SC por un lado y vellones HL y L por otro.

### ***Dissección Tripartita:***

Lo que quedó confirmado a través de la discusión respecto a los diferentes GF y sus características es que la implementación de la Dissección Tripartita, y la formación de los tres GF que implica, tiene sentido práctico, ya que revela información fundamental respecto a la calidad textil de una muestra de fibra. Además, la Dissección Tripartita se destaca por ser un método que, por su implementación simple, se puede utilizar en un lugar de contexto rudimentario tanto como a campo.

## **2. Efecto del descordado sobre la estructura de fibra de llama**

### ***Modificación con el descordado:***

A través del estudio de fibra de llama que se encuentra dentro del proceso de descordado y el análisis de su estructura de fibra se reafirmó que el efecto del descordado produce una reducción del diámetro medio total de fibra (DMT), la cual es comúnmente descrita en la literatura idónea. Se confirmó que este efecto está ligado a una reducción del DM del grupo de fibras gruesas (DM1d), mientras que la evolución de las fibras intermedias no queda bien definida (DM2d) y el DM del grupo de las fibras finas (DM3d) queda casi constante. A su vez, la información que brinda la frecuencia de fibra relativa confirmó que el efecto del descordado está claramente ligado a la tendencia continua de reducir la presencia de las fibras gruesas (N%1d) en el producto, al igual que de las fibras intermedias (N%2d), mientras que la presencia de fibras finas (N%3d) en el producto aumenta. Además, mostró que la estructura de fibra queda determinada por los grupos de fibras finas y gruesas (N%3d y N%1d), ya que la frecuencia de las fibras intermedias (N%2) es muy reducida.

El estudio del efecto del descordado relacionado a los tipos de fibra y su impacto sobre la estructura de fibra reveló un DM constante de las fibras ameduladas y de médula fragmentada (DMA<sub>d</sub> y DMF<sub>d</sub>), correspondientes al GF3 (DM3d), y una reducción de algunos micrómetros de las fibras de médula gruesa (DMG<sub>d</sub>), correspondientes al GF1 (DM1d). Respecto a la presencia de fibras de médula interrumpida (N%<sub>ld</sub>) se observó que es tan reducida que no impacta en la estructura de fibra. Se reveló que la estructura de fibra está determinada por las fibras ameduladas y fragmentadas, por un lado, que son las fibras deseadas de más alto valor textil y, por otro lado, por las fibras de médula continua y gruesa. Se mostró una suba constante de las fibras ameduladas (N%<sub>Ad</sub>) durante las sucesivas pasadas y una presencia alta y continua de las fibras de médula fragmentada (N%<sub>Fd</sub>). Las fibras de médula continua (N%<sub>Cd</sub>) y gruesa (N%<sub>Gd</sub>) mostraron una clara tendencia a reducir su presencia en el producto.

El efecto del descordado es más pronunciado durante las primeras 6 pasadas aproximadamente, ya que la reducción del DMT se estabiliza a partir de la sexta pasada y el contenido de fibras finas en el producto se estabiliza a partir de la pasada 6 en relación a la frecuencia de fibra relativa (N%3d) y la pasada 8 en relación al peso relativo (P%3d). Por otro lado, el mínimo estimado para el grupo de fibras gruesas expresado con peso relativo y frecuencia de fibra relativa (P%1d y N%1d) se alcanza entre las pasadas 8 y 15, dependiendo del tipo de vellón, por lo cual se recomienda procesar los vellones de tipo lustre por separado.

Respecto a la 2° hipótesis específica, lo descrito en los párrafos anteriores confirmó que esta es validada, ya que el descordado produce una reducción del diámetro medio total (DMTpd y DMTnd), una reducción del diámetro de las fibras gruesas (DM1d), un aumento del contenido de las fibras finas en el producto de descordado (P%3d y N%3d) y la reducción del contenido de las fibras intermedias y gruesas en el producto (P%2d, N%2d, P%1d y N%1d). Por lo tanto, se puede afirmar que, desde el punto de vista de la calidad textil, el procesamiento textil de descordado modifica la estructura de fibra favorablemente en relación al diámetro medio de fibra (DM), al peso relativo (P%) y a la frecuencia de fibra relativa (N%).

Sin embargo, se evidenciaron dos limitaciones a la 2° hipótesis específica. Esto significa que, por un lado, la 2° hipótesis específica puede ser validada, porque la calidad textil claramente mejora en relación a varias variables, pero, por otro lado, queda abierto si la mejora siempre es suficiente en relación a la calidad textil que se logra y si esta siempre es apta para la elaboración de textiles finos. En relación a esto, los dos aspectos específicos determinantes son características del producto de descordado: por un lado, un diámetro medio de fibra lo suficientemente fino (DMTnd) y, por otro lado, un contenido de fibras objetables lo suficientemente bajo (P%1d).

***Calidad textil definida por el grupo de fibras finas:***

Se evidenció que, para lograr un diámetro medio de fibra reducido en el producto de descordado (DMTnd) es necesario que el grupo de fibras finas (GF3) de los vellones proporcionados al descordado sea de un diámetro medio reducido (DM3), es decir, que el descordado solamente puede proveer fibras finas, si éstas se encuentran contenidas en los vellones antes de ser descordados. Esto significa que el descordado puede ser considerado una componente fundamental e importante de la solución, pero que por sí sola es limitada, ya que su efectividad está condicionada por la materia prima que es proporcionada a ese procesamiento. Por lo tanto, se concluyó que es recomendable evitar la práctica común de juntar materia prima al barrer y proporcionar todo junto al descordado, ya que en este caso se incluyen a vellones cuyo GF3 poseen un DM3 demasiado alto, y se confirmó la necesidad de

implementar una clasificación de vellones según finura como medida adicional previa al descordado.

***Calidad textil definida por las fibras objetables:***

Respecto a las fibras objetables, las cuales son representadas por el grupo de fibras gruesas (GF1), se reveló que el descordado claramente reduce esta variable para todos los vellones descordados, pero no para todos se logra que su peso relativo (P%1d) se reduzca por debajo del umbral deseado del 3%. Es decir que los resultados del ensayo de descordado no mostraron resultados del todo satisfactorios en este sentido. Se confirmó que el valor inicial de las variables diámetro medio total (DMTnd), diámetro medio y peso relativo del grupo de fibras gruesas (DM1d y P%1d) no influye respecto a si se logra o no un P%1d por debajo del umbral del 3% al finalizar el ensayo del descordado y se concluyó que, aparentemente, son otros los factores que pueden ayudar a lograr ese fin. Además, se observó que las fibras muy gruesas de médula gruesa son separadas más efectivamente, mientras que las fibras gruesas de médula continua son más problemáticas en ese sentido y que hace falta emprender otros ensayos para dar respuesta a este tema.

***Estructura de fibra:***

Se determinó que el GF1 está compuesto por fibras de médula continua y gruesa y que esta composición se mantiene durante todo el procesamiento de descordado. Respecto al GF2, se observó que contiene más que nada fibras de médula continua y fragmentada, pero, de todas maneras, es un GF con poca inherencia en la estructura de fibra por su tamaño reducido. Además, se constató que el GF3 está compuesto por las fibras ameduladas y de médula fragmenta, lo cual se mantiene así durante todo el procesamiento de descordado. El rinde al descordado se determinó en 65%.

En relación al largo de fibra, se observó que el efecto del descordado muestra un acortamiento de las fibras de los tres grupos de fibra (GF1, GF2 y GF3) y una clara tendencia de incluir las fibras más cortas en el subproducto. Además, se verificó que las fibras del GF3 son las más cortas, pero mantienen un largo por encima de los 7 cm, lo cual es un buen largo para hilar la fibra.

Respecto al efecto del descordado sobre la frecuencia de rizo (FR) no se observó un efecto claro, mientras que en relación al grupo de rizo (GR) se verificó una modificación, la cual fue parecida para los vellones DC, CI y SC, mientras que para el vellón L no se produce una modificación. Esto confirmó un comportamiento diferente según tipo de vellón y significa que, para lograr un funcionamiento óptimo del procesamiento, es recomendable procesar los

vellones L por separado de los vellones DC, CI y SC. Para ese fin es necesario implementar una clasificación según tipos de vellón antes de comenzar el procesamiento de descordado.

#### ***Disección Tripartita:***

Durante el procesamiento de descordado se observó que el DM de las fibras ameduladas y de médula fragmentada se mantiene constante, lo cual conlleva a confirmar que el método utilizado en esta tesis, la Disección Tripartita, proporciona resultados coherentes, ya que al medir fibras semejantes del mismo grupo de fibra se llega al mismo resultado. Se puede decir que son fibras semejantes, ya que se obtienen de muestras extraídas del mismo lote de fibra y disecadas del mismo modo como para obtener el grupo de fibras finas, el cual contiene las fibras ameduladas y de médula fragmentada.

### **3. Efecto de la clasificación y del descordado sobre la calidad textil de la fibra**

#### ***Calidad textil definida por el grupo de fibras finas:***

La fibra de llama posee potencial como materia prima de calidad textil que es destinada a la elaboración de prendas finas. Si con un lote de vellones se implementa la clasificación según finura seleccionando únicamente vellones de un diámetro medio total (DMTne) de hasta 28 o 31  $\mu\text{m}$  tanto como un descordado posterior, el producto de descordado puede proveer materia prima de un diámetro medio (DM3e) de 21,6 o 22,8  $\mu\text{m}$  respectivamente. O sea que, tomando las muestras del Subcapítulo 3 como referencia, este segmento de fibras representa el potencial de la fibra de llama como materia prima textil.

#### ***Clasificación y descordado:***

Se confirmó que ambas medidas para reducir el diámetro medio (DM), la clasificación y el descordado, aportan a la reducción del DM de la materia prima que se logra al implementarlas, pero, a la vez, se constató que ambas medidas implementadas por sí solas no son satisfactorias. La implementación de una clasificación previa al descordado aumenta la efectividad del descordado, ya que la clasificación según finura es fundamental como para asegurar la presencia de fibra superfina y fina tanto como su mayor proporción en la materia prima que se provee al descordado. Además, se constató que la clasificación según finura prácticamente no reduce el DM de las fibras gruesas (DM1e), o sea la presencia de fibras objetables. Esto significa que, después de clasificar vellones según finura, el descordado sigue siendo necesario como proceso capaz de reducir la variabilidad respecto al diámetro y de sumar valor a la fibra de llama como materia prima textil.

Además, se confirmó que en un lote de vellones el DM del grupo de fibras finas (DM3e) se distribuye dentro de un rango amplio de diámetros, lo cual significa que hay muchos vellones

tan gruesos que inclusive sus fibras más finas no son finas, sino medianas o gruesas. Si se busca una materia prima de alta calidad textil, para estos vellones, un descordado no sería indicado, ya que el producto de descordado seguiría siendo grueso y, por lo tanto, no apto para la elaboración de textiles finos. Debido a este hecho, quedó confirmado que la clasificación según finura es un paso necesario previo al descordado con el fin de descordar únicamente vellones que realmente provean fibras finas.

Adicionalmente, la presente investigación mostró que, para proveer materia prima de alta homogeneidad en relación a grupos de rizo (GR), es necesario implementar la clasificación según tipos de vellón previamente al descordado. Es recomendable separar los vellones dejando a los tipos de vellón DC, CI y SC por un lado y los tipos de vellón HL y L por otro.

Para vellones de todos los tipos de vellón es necesario implementar el descordado, ya que todos contienen fibras objetables. Los tipos vellón DC, CI y SC son los que mejor responden al descordado. Además, se subrayó que hay que prestar especial atención respecto a procesos en los que se realiza un descordado parcial y es importante no confundir esta situación con un descordado completo, el cual es necesario para iniciar la cadena productiva para la elaboración de textiles finos.

Por lo descrito en los párrafos anteriores, se validó la 3° hipótesis específica, ya que se confirmó que la implementación de la clasificación de vellones según finura y/o tipos de vellón más el descordado modifican la estructura de fibra, o sea la composición de fibra de llama como materia prima textil, y aumentan su calidad textil en relación al diámetro medio de fibra (DM).

## CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

A partir de lo estudiado en esta tesis y de la extensa información que se recopiló (propia y bibliográfica), se pueden especificar puntos pendientes de estudio y prácticas recomendables para lograr que las conclusiones del estudio se apliquen favorablemente a la producción de fibra de llama argentina. Para ampliar el estudio del fenómeno de aumento del diámetro medio con la edad quedan pendientes los puntos alistados a continuación.

- 1 Clarificar cuál es el verdadero efecto del aumento del tamaño del animal con respecto a la densidad folicular. Si bien ya se tienen evidencias sobre el mismo, se debería ampliar a estudios espaciales que puedan incluso encontrar nuevas fuentes de variación que puedan ser usadas como posibles parámetros genéticos. Queda una duda insalvable todavía sobre el hecho que el fenómeno no se verifica en la Vicuña y eso podría ser debido a su altísima densidad folicular.
- 2 Despejar, del fenómeno, el efecto del estado nutricional y del manejo en general, teniendo en cuenta los hallazgos en otras especies productoras de fibra. Es posible que al igual que en ovinos no se produzca un aumento tan marcado en los animales subalimentados del altiplano seco, más que todo de la provincia de Catamarca.
- 3 Difundir los hallazgos de esta tesis sobre el fenómeno, poniendo énfasis que el retraso de la esquila no lo modifica, instando a los productores que esquilen anualmente a los animales adultos y los tekes antes del año de edad.
- 4 Desarrollar ensayos de descordado con énfasis en la corrección del problema de afieltrado del vellón, teniendo en cuenta que las prácticas de manejo en condiciones de altiplano difícilmente se modifiquen, al menos en poco tiempo.
- 5 Realizar estudios de optimización con la tecnología existente que tiende a lograr un descordado más eficiente en lo que respecta a rinde y grado de rotura de la fibra. Complementar los ensayos de descordado con el peinado e hilado de la fibra descordada a los fines de poder demostrar sus beneficios más allá de la reducción del diámetro y de las fibras objetables. La mayor calidad del hilo se ha demostrado, pero se debería ampliar los ensayos a todos los sistemas de procesamiento (cardado, semipeinado y peinado) con distintos títulos e, inclusive, con distintos "blends" (mezclas) con otras fibras animales.
- 6 Realizar estudios genéticos sobre el fenómeno para entenderlo mejor, diferenciando la disminución del diámetro medio según tipos de fibra y relacionándolo con la capacidad de descordado de la fibra, a los fines de poder justificar la inversión en el mejoramiento genético. Para lograr un mejor producto de descordado, la prioridad es un diámetro medio reducido del grupo de fibras finas que corresponde al producto de descordado y mejorar la capacidad de descordado. Esta última tiende a mejorar con una diferencia mayor del diámetro medio del grupo de fibras finas y del grupo de fibras gruesas.



- 7 Obtener sistemas orgánicos de trazabilidad para la fibra descordada, por ejemplo, extraídos de plantas, a los fines de poder identificarla en la marca del tejido o prenda y así justificar su mayor valor. Evaluar la posibilidad que esto pueda ser combinado con protectores antiinsectos (antipolilla) que sean ambientalmente amigables.
- 8 Resaltar por todos los medios la aplicación de la tecnología del descordado con sus beneficios textiles directos y con el beneficio ambiental que surge del uso de fibra sin lavar, liberada de elementos extraños (vegetales) sin el uso de componentes químicos (sales de sodio).

## CAPÍTULO VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adot, O. G., & Frank, E. N. (2015). Industrialization and Commercialization of the Fibre of South American Camelids in Argentina. *Int J Sci Res Innov Technol*, 2, 52-59.

Alexander, D., 1995. Factors important in fabrics production. *Wool Tech. and Sheep Breed.* 43(4): 323 – 327.

Anónimo, 2005. Informe final programa SUPPRAD ante la Secretaría de Investigación y Postgrado de la Universidad Católica de Córdoba, 23 pp.

Atkins, K. (1996). Micron blowout-genetic options. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 44(4), 257-263.

Atkins, K.D., & S.J. Semple, (1991). Time trends in production of Merino ram-breeding flocks in New South Wales. *Wool Tech. Sheep Breed.* 39,69-71.

Aylan-Parker, J., & McGregor, B. A. (2002). Optimising sampling techniques and estimating sampling variance of fleece quality attributes in alpacas. *Small Ruminant Research*, 44(1), 53-64.

Bacchi, C. S., Lanari, M. R., & von Thüngen, J. (2010). Non-genetic factors affecting morphometric and fleece traits in guanaco (*Lama guanicoe guanicoe*) populations from Argentinean Patagonia. *Small ruminant research*, 88(1), 54-61.

Balasingam, A. (2005). The definitions of medullation threshold values used by different testing methods to define an objectionable medullated fibre in Merino wool. *Aust. Wool Innovation Proj. EC651*, 32pp.

Batten, G. (2003). *Goat Cashmere. Producing the finest fibre from New Zealand goats.* New Zealand Cashmere Association. 68pp.

Bigham, M.L., Sumner, R.M.W. & Dalton, D.C., (1978). Wool production of different breeds of mixed-age ewes in hill country. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 21: 119-126.

Bow, M. R., Hansford, K. A., Naylor, G. R. S., Phillips, D. G., Piper, L. R., & Rottenbury, R. A. (1992). Specification for Marketing. The Significance of Fibre Diameter Distribution to the Wool Industry. *Textile and Fibre Technology* www. tft. csiro. au.

Blankenburg, G., & Philippen, H. (1988). Importance of cross-sectional parameters of Angora rabbit hair. *Proc. 1st Inter. Symp. Speciality Animal Fibers, Aachen. Schrift. der Deutsches Wollforschungsinstitut*, 103, 242-252.

Bravo, W. (1973). Índices de herencia de pesos al nacimiento, al destete y primera esquila en alpacas. *Compendio de Resúmenes de Proyectos de investigación realizados por la UNMSM. Tomo III.* Lima, Perú.

Brodthmann, L. I., Hick, M. H., Castillo, M. F., & Frank, E. N. (2018). Conceptual description of the llama fleece structure and the potential of classing and dehairing. *Textile Research Journal*, 88(12), 1384-1401.

Brown, G. H., Turner, H. N., Young, S. S. Y., & Dolling, C. H. S. (1966). Vital statistics for an experimental flock of Merino sheep. III. Factors affecting wool and body characteristics, including the effect of age of ewe and its possible interaction with method of selection. *Aust J Agric Res*, 17:557–581

Brown, G. H., Turner, H. N., & Dolling, C. H. S. (1968). Vital statistics for an experimental flock of Merino sheep. V. The effects of age of ram, maternal handicap, and year of measurement on 10 wool and body characteristics for unselected rams. *Aust J Agric Res*, 19:825–835

Burgman, V.D. (1965). Progress in textile Physics. *Wool Tech. Sheep Breed.*, 12(1): 9 – 28.  
BS 4044 (1989) Method for determination of fibre length by comb sorter diagram. British Standards Institution, London.

Butler, K. J., & McGregor, B. A. (2002). A statistical approach for evaluating micron blowout, with Australian alpacas as an example. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 50(3), 383-389.

Calle, R. (1984). *Animal Breeding and Production of American Camelids*. Ron Hennig-Patience, Lima, Peru.

Cardozo, A., Castro, F. & Martinez, Z. (1981). Clases comerciales de lana de llama en dos esquilas consecutivas. *INFOL*. EE 27, La Paz, Bolivia. 9pp.

Casanoves, F., Di Rienzo, J.A., & Robledo, C.W. (1998). Inferencia Estadística: Estimación y Prueba de Hipótesis. En: Cap. 5 Bases para Estadística Experimental. Ed. Screen E. Argentina. 139-175.

Chapman, R.E. & Jackson, N. (1972). Response to selection in Australian Merino sheep. V. Inheritance of abnormal staple crimp: crimp abnormalities in rouns of breeding ewes selected for high and low values of clean wool weight and its components. *Australian Journal of Agricultural research*, 23: 363-379.

Cochi, N. (1999). Determinación del rendimiento y calidad de la fibra descordada de llamas (Lama glama). Tesis de Ingeniero Agrónomo. La Paz. Bolivia: Univ Mayor de San Andrés. 120 p.

Crossley, J. C., Borroni, C. G., & Raggi, A. S. (2014). Correlation between mean fibre diameter and total follicle density in alpacas of differing age and colour in the Parinacota province of the Chilean high plain. *Journal of applied animal research*, 42(1), 27-31.

Couchman, R.C. & Holt, C.M. (1990). A Comparison of the Shirley Analyser and Trash Separator for Dehairing Cashmere Samples. *J. Text. Inst.* 81(2): 142 – 155.

Cucho, H., Ccalta, R., Meza, A., Gallegos, M.L., & Ampuero, E. (2018). Efecto de la esquila en la relación del diámetro de fibra e índice de curvatura en la fibra de Alpacas Huacaya del CICSAS, La Raya. VIII Congreso Mundial Sobre Camélidos Sudamericanos, 21-23 De Noviembre Del 2018, Oruro – Bolivia.

De Boos, A.G., Naylor, G.R., Slota, I.J., & Stanton, J. (2002). The effect of the Diameter Characteristics of the Fibre Ends on the Skin Comfort and Handle of Knitted Wool Fabrics. *Wool Tech. Sheep Breed.*, 50(2), 110-120.

DIN 53 806 (1970). Bestimmung der Faserlänge von Baumwolle nach dem Kammstapelverfahren. Deutsches Institut für Normung, Berlin.

Di Rienzo, J. (2015). Análisis de regresión. En: Balzarini, M., Di Rienzo, J., Tablada, M. Gonzalez L., Bruno, C., Córdova, M. Robledo C.W. y F. Casanoves. Cap. 7: Estadística y Biometría. Ilustraciones del uso de INFOSTAT en problemas de agronomía. 193- 225.

Dolling, M., Mariand, D., Naylor, G. R. S., & Phillips, D. G. (1992). Knitted fabric made from 23.2 um wool can be less prickly than fabric made from finer 21.5 um wool. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 40(2), 69-71.

Dry, F.W. (1975). The architecture of lambs' coats - A speculative study. Massey University, Palmerston North, New Zealand.

Dunn, O.J. (1964). Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*. 6(3), 241-252

Ferguson, M., Behrendt, R., & McGregor, B. A. (2000). Observations on the follicle characteristics and fibre properties of Suri and Huacaya alpacas. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 23. (CD).

Frank, E.N., Hick, M.V.H., Castillo, M.F., & Frondizi Seghetti, D.G., (2019c). Effect on Textile Behavior of Fleece Types and Dehairing Process on the Linear Density and Regularity of Yarn from Argentine Llama Fibre. *J of Textile Sci & Fashion Tech.* 2(2), 2019. JTSFT.MS.ID.000532.

Frank, E. N., Frondizi Seghetti, D. G., Hick, M. V. H., Castillo, M. F., Burgos, A., & Cruz, A. (2019b). Dehairing of Alpaca Fibres Top with AM2 Dehairing Technology. En: Gutiérrez, Lisa McKenna, Roman Niznikowski, Maria Wurzinger (eds.) *Advances in Fibre Production Science in South American Camelids and other Fibre Animals*, 369.

Frank, E.N., Brodtman, L.I., & Hick, M.H., (2019a). Multivariate Analysis for Fleece Types Classification in Argentine Llamas. *J. Textile Sci & Fashion Tech.*, 3(1), 1-4.

Frank, E. N., Hick, M. V. H., & Castillo, M. F. (2018). Determination of the optimal number of runs of dehairing in fibers of patagonian cashmere goats. *J Textile Eng Fashion Technol*, 4(3), 188-190.

Frank, E. N., Hick, M. V. H., Russano, D., Castillo, M. F., Prieto, A., & Aisen, E. G. (2017a). Sources of variation in fibre production and quality traits source of variation in down-bearing Patagonian goats and implications for developing a cashmere industry. *Small Ruminant Research*, 150, 60-69.

Frank, E. N. (2017b). El problema de la picazón en telas de fibras de Camélidos Sudamericanos. 1.- Soluciones mecánicas. En: Conf. Univ. Nacional Micaela Bastida, Abancay, Perú, 12p.

Frank, E.N., Riva de Neira, L.A., Hick, M.V.H. & Bolaño. M. (2015). Valor Agregado en Fibras de Llamas Argentinas: Determinación de los umbrales de variables del descordado en productos textiles. En: IX Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos / II Congreso Argentino de Producción Caprina.

Frank, E. N., Hick, M. V. H., Castillo, M. F., & Prieto, A. (2014). Fibre-based components determining handle/skin comfort in fabrics made from dehaired and non dehaired llama fibre. *International Journal of Applied Science and Technology*, 4(3), 51-66.

Frank, E. N., Hick, M. V., & Adot, O. G. (2012b). Determination of dehairing, carding, combing and spinning difference from Lama type of fleeces. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2(1), 61-70.

Frank, E.N., Adot, O.G., Hick, M.V.H., Prieto, A., & Castillo, M.F. (2012a). Relations between fibre diameter and prickly factor in Alpaca and Lama fibres. En: VI Congreso Mundial Camélidos, Arica, Chile. Libro de Resúmenes VI Congreso Mundial de Camélidos, p.195.

Frank, E. N., Hick, M. V. H., Molina, M. G., & Caruso, L. M. (2011b). Genetic parameters for fleece weight and fibre attributes in Argentinean Llamas reared outside the Altiplano. *Small ruminant research*, 99(1), 54-60.

Frank, E. N., Hick, M. V. H., & Adot, O. (2011a). Descriptive differential attributes of Llama fleece types and its textile consequence. 2 - Consequences from dehairing processes. *J Text Inst*, 102 (1), 41-49.

Frank, E. N., Hick, M. V. H., Prieto, A., & Castillo, M. F. (2009). Efectos del descordado sobre la calidad de la fibra obtenida de camélidos sudamericanos y cabra criolla patagónica. 32º Congreso Argentino Producción Animal (resumen). *Revista Argentina de Producción Animal*, vol. 29 (1): 134-135.

Frank, E.N., Hick, M.V.H., Pessarini, M., Capelli, C.I., Ahumada, M.R., & Gauna, C.D. (2007c). Consistence and repeatability of the fleece types subjectively determined in argentine llamas. *South American Camelids research*, 2, 213-218.

Frank, E. N., Hick, M. V. H., & Ahumada, M. R. (2007b). Clasificación de vellones de llamas Argentinas en base a regiones corporales identificadas objetiva y subjetivamente. Congreso Argentino de Producción Animal, Santiago del Estero, 3 a 5 de octubre 2007, *Rev. Anim.*, 27(1), 358-359.

Frank, E. N., Hick, M. V. H., & Adot, O. (2007a). Descriptive differential attributes of type of fleeces in Llama fibre and its textile consequence: 1–Descriptive aspects. *Journal of the Textile Institute*, 98(3), 251-259.

Frank, E. N., Hick, M. V. H., Gauna, C. D., Lamas, H. E., Renieri, C., & Antonini, M. (2006b). Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). *Small Ruminant Research*, 61(2-3), 113-129.

Frank, E. N., Hick, M. V. H., Lamas, H. E., Gauna, C. D., & Molina, M. G. (2006a). Effects of age-class, shearing interval, fleece and color types on fiber quality and production in Argentine llamas. *Small Ruminant Research*, 61(2-3), 141-152.

Frank, E.N. (2001). Descripción y Análisis de segregación de fenotipos de color y tipos de vellón en Llamas argentinas. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires (UBA), Argentina.

Frank, E.N., Nuevo Freire, C.M., & Morini, C.L. (1985). Contribución al estudio del Vellón de Llama. *Revista Argentina de Producción Animal*, 5(7 8), 513 521.

Garnsworthy, R. K., Gully, R. L., Kandiah, R. P., Kenins, P., Mayfield, R. J., & Westerman, R. A. (1988). Understanding the causes of prickle and itch from skin contact of fabrics. CSIRO Division of Wool Technology Report G4. [www.tft.csiro.au](http://www.tft.csiro.au)

Gifford, D.R., Ponzoni, R.W., Simon Ellis, N.J., Richard Levinge, F.C. & Milne, M. L., (1990). Genetic parameters for production characteristics of Australian cashmere goats. Proc. 8th Australian Association of Animal Breeding and Genetics Conference, Hamilton and Palmerston North, New Zealand: 461-465.

Gilmour, A. R., & Atkins, K. D. (1992). Modelling the FFDA fibre diameter histogram of fleece wool as a mixture distribution. *Australian Journal of Agricultural Research*, 43(8), 1777-1788.

Hatcher, S., Atkins, K.D., & Thornberry, K.J. (2005). Ae chanes in wool traits of Merino sheep in Western NSW. *Proc. Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet.*, 16: 314-317.

Hick, M. V. H., Frank, E. N., Prieto, A., & Castillo, M. F. (2013). Etnozootecnia de poblaciones de Llamas (*Lama glama*) productoras de fibra de la proviancia de Jujuy, Argentina. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 22(1/2), 1-8.

Hick, M. V. H., Frank, E. N., Adot, O., Prieto, A., Segueti, D., & Maguirre, A. (2003). Depurado (‘descerdado’) de fibra de camélidos sudamericanos realizado mediante la aplicación de dos tecnologías diferentes. En: Resúmenes de 3º Congreso de la Asociación Latino-Americana de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos (ALEPRYCS), Ciudad de Viña del Mar, Chile.

Hight, G.K., Atkinson, J.J., Sumner, R.M.W. & Bigham, M.L., (1976). Hill country sheep production. VII. Wool traits of Romney and Border Leicester x Romney ewes. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 19: 197-210.

Hill, J. A., Ponzoni, R. W., & James, J. W. (1999). Micron blowout: heritability and genetic correlations with fibre diameter and secondary follicle diameter. *Australian journal of agricultural research*, 50(8), 1375-1380.

Hillbrick, L. K. (2012). Fibre Properties affecting the Softness of Wool and other Keratins. Tesis Doctoral Deakin University, 254 pp.

Holcombe, B.V. (1986). The role of Clothing Comfort in Wool marketing. *Wool Tech. Sheep Breed.* 34(11): 80 – 83.

Iñiguez, L. C., Alem, R., Wauer, A., & Mueller, J. (1998). Fleece types, fiber characteristics and production system of an outstanding llama population from Southern Bolivia. *Small Ruminant Research*, 30(1), 57-65.

IWTO-8 (1961). Method of Determining Fibre Diameter Distribution Parameters and Percentage of Medullated Fibres in Wool and Other Animal Fibres by the Projection Microscope. International Wool Textile Organization.

Kelmansky, D.M. (2010). 7. Modelos de Regresión - Suavizados. Aspectos Estadísticos de Microarrays, Dpto. de Matemática - Instituto de Cálculo 1er. Cuatr.

Kenins, P. (1992) The cause of prickle and the effect of some fabric construction parameters on prickle sensations. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 40(1), 19-24.

Kruger P.J. 1966. Carding and Combing of Mohair: Part II: Noble Combing. *Textile Research Journal* 36: 971-977.

Kruger, P.J. & Albertyn, D. (1966). Carding and Combing of Mohair: Part I: Carding. *Textile Research Journal* 36: 112 – 118.

Lang, W. R. (1947). The Dependence of Wool Quality Number on Crimp and Fineness in Australian Wool. *Journal of the Textile Institute*, 38(6,) T257-270.

Liú, X., Hurren, C.J., & Wang, X. (2005). A comparative study of the mechanical properties of Wool and Alpaca fibres. In: 11th Textile Wool Res. Conf. (proc.): 72 (Summary).

Lupton, C. J., Pfeiffer, F. A., & Blakeman, N. E. (1991). Medullation in mohair. *Small Ruminant Research*, 5(4), 357-365.

Martin, G. B., Johnson, T. J., Milton, J. T. B., & Restall, B. J. (1998). Increasing Production of Mohair and Cashmere. RIRDC Pub. Nº 98/138.

Martinez, Z., Iniguez, L. C., & Rodríguez, T. (1997). Influence of effects on quality traits and relationships between traits of the llama fleece. *Small Ruminant Research*, 24(3), 203-212.

Mata, G., Schroder, P., & Masters, D.G., (2002). Management of intake in winter to control micron blowout and improve staple strength. *Wool Tech. and Sheep Breed.*, 50(3), 471-476.

McGregor B. A., (2018). Scouring and Dehairing Australian Cashmere. *AgriFutures Aust. Pub. No 18/001*, 34.

McGregor, B. (2012). Properties, processing and performance of rare natural animal fibres: A review and interpretation of existing research results. Ed Rural Industries Research and Development Corporation. Publication 11/150. Geelong. Australia.

McGregor, B. A. (2010). Influence of stocking rate and mixed grazing of Angora goats and Merino sheep on animal and pasture production in southern Australia. 3. Mohair and wool production and quality. *Animal Production Science*, 50(3), 168-176.

McGregor, B. (2007). Cashmere fibre crimp, crimp form and fibre curvature. *International Journal of Sheep and Wool Science*, 55(1), 105-129.

McGregor, B. A. (2006). Production, attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development. *Small Ruminant Research*, 61(2-3), 93-111.

McGregor, B. A. (2002). Is Merino Wool a Luxury Precious Fibre?. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 50(3), 319-326.

McGregor, B. A. (2001). The quality of cashmere and its influence on textile materials produced from cashmere and blends with superfine wool. Ph.D. Thesis. Department of Textile Technology, Faculty of Science. The University of New South Wales, Sydney.

McGregor, B. A. (2000). Quality attributes of cashmere. Proc. 10th Inter. Wool Textile Res. Conf., Aachen. (Eds. Höcker, H. and Küppers, B.) SF 1-10. Deutsches Wollforschungsinstitut, Germany.

McGregor, B.A., 1997. The quality of fibre grown by Australian Alpacas. 1. The commercial quality attributes and value of Alpaca fibre. Proc. Int. Alpaca Industry Conf. Sydney (Aust. Alpaca Assn.: Forest Hill, Victoria), pp. 43–48.

McGregor, B. A., & Butler, K. L. (2008b). The effects of cashmere attributes on the efficiency of dehairing and dehaired cashmere length. *Textile Research Journal*, 78(6), 486-496.

McGregor, B. A., & Butler, K. L. (2008a). Cashmere production and fleece attributes associated with farm of origin, age and sex of goat in Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(8), 1090-1098.

McGregor, B.A. (2006). Production, attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development. *Small Ruminant Res.*, 61: 93-111.

McGregor, B. A., & Butler, K. L. (2004). Sources of variation in fibre diameter attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(4), 433-442.

McGregor, B. A. & Butler, K. L. (2002). A statistical approach for evaluating micron blowout, with Australian alpacas as an example. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 50(3), 383-389.

McGregor, B. A. & Postle, R. (2004). Processing and quality of cashmere tops for ultra-fine wool worsted blend fabrics. *Inter. J. Clothing Sci. Techn.* 16, 119-131.

McLoughlin, J., & Sabir, T. (Eds.). (2017). *High-Performance Apparel: Materials, Development, and Applications*. Woodhead Publishing.

Moseley, G. (1995). Desarrollo de sistemas de producción de fibras finas a partir de Guanacos (*Lama guanicoe*) criados en condiciones de domesticidad. En: Frank, E.N. y Renieri, C. *Actas 1º Seminario Int. de Cam. Sud. Dom.*, p.3-21.

Mullaney, P.D., Brown, G.H. Young, S.S.Y. & Hyland, P.G. (1969). Genetic and phenotypic parameters for wool characteristics in fine wool Merino, Corriedale and Polwarth sheep. I. Influence of various factors on production. *Aust. J. Agric. Res.*, 20:1161-1176.



Munyard, K., & Greeff, J. (2013). Quantitative genetic analysis of micron blowout in Alpacas. *Rural Industries Research and Development Corporation*, 12(136), 1-31.

Naebe, M., McGregor, B. A., Swan, P., & Tester, D. (2015). Associations between the physiological basis of fabric-evoked prickle, fiber and yarn characteristics and the Wool ComfortMeter value. *Textile Research Journal*, 85(11), 1122-1130.

Naebe, M., & McGregor, B. A. (2013). Comfort properties of superfine wool and wool/cashmere blend yarns and fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 104(6), 634-640.

Naylor, G. R. S., Phillips, D. G., & Veitch, C. J. (1995). The relative importance of mean diameter and coefficient of variation of sale lots in determining the potential skin comfort of wool fabrics. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 43(1), 69-82.

Naylor, G. R. S. (1992b). The Role of Coarse Fibres in Fabric Prickle Using Blended Acrylic Fibres of Different Diameters. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 40(1), 14-18.

Naylor, G. R. S. (1992a). The Relationship between the Fibre Diameter Distributions of Wool Top, Fibre Ends and Yarn Surface Fibres. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 40(1), 40-43.

Olivier, W. J. & Olivier, J. J. (2010). Evaluation of genetic fine wool animals under natural conditions in the Non-traditional fine wool producing areas of the RSA. *Gootfrontein*, 17: 201-210.

Onions, W. J. (1962). *Wool: An introduction to its properties, varieties, uses and production*. Ernest Benn LTD, London, 114-115.

Oria, I., Quicaño, I., Quispe, E., & Alfonso, L. (2009). Variabilidad del color de la fibra de alpaca en la zona altoandina de Huancavelica-Perú. *Animal Genetic Resources Information*, 45, 79-84.

Quispe, M. D., Benavidez, G., Sauri, R. A., Bengoechea, J. J., & Quispe, E. C. (2017). Development and preliminary validation of an automatic digital analysis system for animal fibre analysis. *South African Journal of Animal Science*, 47(6), 822-833.

Quispe, E. C., Chipa, L., & Pinares, R. (2015). Análisis económico y de la producción del descordado manual de la fibra de llamas (*Lama glama*) Chaku. *Archivos de zootecnia*, 64(246), 191-198.

Quispe, E. C., Rodríguez, T. C., Iñiguez, L. R., & Mueller, J. P. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Animal Genetic Resources/Recursos génétiques animales/Recursos genéticos animales*, 45, 1-14.

Ramsay, D. J., Fox, D. B., & Naylor, G. R. S. (2012). An instrument for assessing fabric prickle propensity. *Textile Research Journal*, 82(5), 513-520.

Renieri, C., Trabalza Marinucci, M., Martino, G., & Giordano, G. (1991). Indagine preliminare sulla qualità del pelo e sul colore del mantello in soggetti alpaca (*Lama glama* pacos FD) pigmentati. *Proc. IXI Italian. Nat. Cong. ASPA*, 905-914.

Roberts, E.M. (1970) Review of factors affecting the micron fineness of Merino wool. *Wool Tech. Sheep Breed.* 17(2), 27-30.

Ruiz de Castilla, M., Alagon Huallpa, G. & Quirita Bejar, C.R. (1992). Estudio de parámetros genéticos en Alpacas Huacaya. En: Informe de trabajos de investigación en Alpacas y Llamas de color. Volumen II (genética) pp-28.

Ruiz de Castilla, M. & Olaguibel de Olivera, O. (1991). Estudio preliminar del rendimiento y de las características físicas más importantes de la fibra de Alpaca de color. En: Informe de trabajos de investigación en Alpacas y Llamas de color. Volumen I (fibras) p. 19-69.

Russel, A. (1994). Current knowledge on the effects of nutrition on fibre production. In: Laker, J.P. & A.J.F. Russel, (eds.) *The Nutrition and Grazing Ecology of Speciality Fibre Producing Animals*. European Fine Fibre Network, occas. publ., (3), 3-22.

Seghetti Frondizi, D.G. (2014). El descordado de fibras para la industria Textil a partir de camélidos y otras especies doble capa. Trabajo final para optar al título de Licenciado en Economía Agropecuaria, Univ. De Belgrano, Buenos Aires, 17pp.

Siegel, C. (1988). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences* (Second ed.). New York: McGraw-Hill.

Singh, A. (2003). A Study on Dehairing of Australian Cashmere fibres. Tesis de Maestría, Deakin University, noviembre de 2003, 116 pp.

Smith, G.A. (1988). Processing of speciality animal fibres. *Proc. 1st Inter. Symp. Speciality Animal Fibres*, Aachen. *Schrift. Deutsches Wollforschungsinstitut* 103: 8-22.

Smuts, S. & Hunter, L. (1987). Medulation in Mohair. Part II: Geometrics and the relationship between various measures of Medulation, SAWTRI Tech., Report N° 508.

Stapleton, D.L. (1991). Evaluation of Angora goats imported from Texas. *Proc. Aust. Assoc. Anim. Breed. Genet.*, 9:412-417.

Stapleton, D.L. (1978). Mohair production and seasonal variability in the fleece of the Australian Angora goat. Ph.D. Thesis. University of New England, Armadale, New South Wales.

Stewart, J. (2012). *Calculus: Early Transcendentals*. Boston: Cengage Learning.

Sumner, R.M. W. & Upsdell, M.P. (2001). Age effects and interrelationship between wool characteristics of genotypes used to develop GrowBulk sheep. *Pro. Of the N. Zeal. Soc. Of Anim. Prod.*, 61: 100-103.

Taylor, P. J., & Atkins, K. D. (1997). Genetically improving fleece weight and fibre diameter of the Australian Merino -The Trangie QPLU \$ Project. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 45(2), 92-107.

Thébault, R. G., & Allain, D. (1994). Dietary requirements and feeding management of Angora rabbits. *The Nutrition and Grazing Ecology of Speciality Fibre Producing Animals*. European Fine Fibre Network, Occasional Publication, (3), 71-84.

Townend, P. P., Smith, P. A., & Lam, C. H. (1980). The dehairing process with special reference to the llama fibre. In Proceedings of the 6th International Wool Textile Research Conference, 3, 533-549.

Trejo, W. (1986). Estudio de la correlación fenotípica entre el diámetro de fibra y la escala de colores en Alpacas Huacaya. Tesis Ing. Zootecnista, Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú, 214.

Turner, H. N. & Young, S. S. Y. (1969). Quantitative genetics in sheep breeding. Cornell Univ. Press (N. York). 332p.

Valjalo Cepeda, J. 1964. Algunas características lanimétricas de fibras de alpacas chilenas. Tesis Ing. Agr. Univ. de Chile. Santiago, Chile. 107pp.

Van Der Westhuysen, J. M., Wentzel, D., & Grobler, M.C. (1985). The effect of age on fleece and fibre characteristics in the Angora goat. Wool Rec., 144(3493), 35.

Vinella, S. (1994). The European market of South American camelid wool. In Gerken, M. and C. Renieri. European Symposium on South American Camelids, pp.155-166.

Wang, L., Singh, A., & Wang, X. (2008). Dehairing Australian alpaca fibres with a cashmere dehairing machine. Journal of the Textile Institute, 99(6), 539-544.

Wang, X., Wang, L., & Liu, X. (2003). The quality and processing performance of alpaca fibres. Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC), 3, 128.

Watkins, P., & Buxton, A. (1992). Luxury fibres: rare materials for higher added value. Special Report-Economist Intelligence Unit (United Kingdom). No. 2633. Business International, London.

Watt, I. C. & R. L. D'Arcy, (1979). Water-vapour adsorption isotherms of wool. J. Textile Inst., 70: 298-307.

Wuliji, T., Davis, G. H., Dodds, K. G., Turner, P. R., Andrews, R. N., & Bruce, G. D. (2000). Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristics of alpacas in New Zealand. Small Ruminant Research, 37(3), 189-201.