

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN CON YODO  
DE LA OVEJA GESTANTE SOBRE EL DESEMPEÑO  
PRODUCTIVO DE SUS CORDEROS**

**por**

**Antony CHAPARRO YACKS  
Manuel MORETTI PEREIRO  
Agustín SILVERA SILVEIRA**

**TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2020**

Tesis aprobada por:

Directora: -----  
Ing. Agr. MSc. María Helena Guerra Bernadá

-----  
Ing. Agr. Mg.Sc. Ricardo Rodríguez Palma

-----  
Ing. Agr. Adriana Vallejo Travieso

Fecha: 15 de julio de 2020

Autores: -----  
Antony Chaparro Yacks

-----  
Manuel Moretti Pereiro

-----  
Agustín Silvera Silveira

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias por todo el apoyo brindado en este proceso.

A nuestra tutora, Helena por darnos la posibilidad de realizar este trabajo.

A los estudiantes de bachillerato Agrario de UTU, por su ayuda en el trabajo de campo.

A todos los funcionarios de EEFAS por su disposición y buena atención.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
2.1. ANTECEDENTES .....	2
2.1.1. <u>La raza Merino australiano</u> .....	2
2.1.2. <u>Merino australiano en Uruguay</u> .....	3
2.2. ESTRUCTURA DE LA PIEL OVINA .....	4
2.3. FOLÍCULO .....	4
2.3.1. <u>Estructura del folículo</u> .....	7
2.3.2. <u>Estructuras accesorias del folículo</u> .....	7
2.3.2.1. Glándulas sebáceas.....	7
2.3.2.2. Glándulas sudoríparas .....	8
2.3.2.3. Músculo pili-erector .....	8
2.3.2.4. Irrigación sanguínea al folículo .....	8
2.3.3. <u>Desarrollo folicular</u> .....	9
2.3.3.1. Desarrollo de folículos primarios .....	10
2.3.3.2. Desarrollo de folículos secundarios .....	13
2.3.4. <u>Grupo folicular y su desarrollo</u> .....	14
2.3.5. <u>Relación folículos secundarios/primarios</u> .....	15
2.3.6. <u>Competencia folicular</u> .....	17
2.3.7. <u>Densidad folicular</u> .....	17
2.4. FACTORES GENÉTICOS QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE LANA.....	18
2.5. FACTORES NO GENÉTICOS QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE LANA.....	19
2.5.1. <u>Factores ambientales internos</u> .....	19
2.5.1.1. Sexo.....	19
2.5.1.2. Edad.....	20
2.5.1.3. Efecto materno.....	21
2.5.1.4. Comportamiento reproductivo .....	21
2.5.2. <u>Factores ambientales externos</u> .....	22
2.5.2.1. Clima.....	22
2.5.2.2. Sanidad.....	22

2.5.2.3. Nutrición.....	23
2.6. CONTROL HORMONAL EN EL CRECIMIENTO DE LA LANA.....	24
2.6.1. <u>Glándula adrenal</u> .....	24
2.6.2. <u>Glándula pituitaria</u> .....	24
2.6.3. <u>Glándula tiroides</u> .....	25
2.6.3.1. Anatomía y funciones de la glándula tiroides.....	25
2.6.3.2. Síntesis y secreción de T3 y T4.....	26
2.6.3.3. Funciones de las hormonas T3 y T4.....	27
2.7. PRODUCCIÓN DE PASTURAS NATURALES EN EL BASALTO.....	28
2.7.1. <u>Región basáltica</u> .....	28
2.7.1.1. Suelos profundos.....	28
2.7.1.2. Suelos superficiales.....	29
2.7.1.3. Vegetación.....	29
2.7.2. <u>Composición mineral de las pasturas</u> .....	30
2.8. TRASTORNOS POR DEFICIENCIA DE YODO.....	32
2.8.1. <u>Factores que afectan la concentración de yodo</u> .....	32
2.8.1.1. Ubicación geográfica.....	32
2.8.1.2. Disponibilidad de forraje.....	34
2.8.1.3. Temperatura.....	35
2.8.1.4. Selenio.....	35
2.8.1.5. Balance energético.....	36
2.8.1.6. Genética.....	36
2.8.1.7. Sexo.....	36
2.8.1.8. Edad.....	36
2.8.1.9. Categoría animal.....	37
2.8.1.10. Nivel de producción láctea y etapa de la lactancia.....	37
2.8.1.11. Estrés.....	37
2.8.1.12. Enfermedades.....	37
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	38
3.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO.....	38
3.1.1. <u>Condiciones climáticas</u> .....	39
3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	41
3.2.1. <u>Animales</u> .....	41
3.2.2. <u>Manejo animal</u> .....	41
3.2.3. <u>Desarrollo del ensayo</u> .....	42
3.2.4. <u>Suplementación mineral</u> .....	43
3.2.5. <u>Construcción de corrales y boxes de alimentación individual</u> .....	43
3.2.6. <u>Construcción de refugios</u> .....	44
3.2.7. <u>Control de pariciones</u> .....	44
3.2.8. <u>Extracción de sangre y procedimiento</u> .....	45
3.2.9. <u>Muestreo forrajero</u> .....	45
3.2.10. <u>Condición corporal, peso de corderos y muestreo de lana</u> .....	46

3.2.11. <u>Análisis de forraje y lana</u> .....	46
3.2.12. <u>Metodología analítica</u> .....	46
3.3. <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u> .....	47
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	48
4.1. <u>ANÁLISIS DELA PASTURA</u> .....	48
4.2. <u>CONCENTRACIÓN DE YODO EN SUERO DE OVEJAS MERINO</u> <u>GESTANTE</u> .....	49
4.3. <u>PESO VIVO AL NACIMIENTO Y AL DESTETE DE LOS</u> <u>CORDEROS</u> .....	50
4.3.1. <u>Ganancias diarias</u> .....	51
4.4. <u>PRODUCCIÓN DE LANA</u> .....	53
4.4.1. <u>Peso de vellón sucio</u> .....	53
4.4.2. <u>Características de la fibra</u> .....	53
4.4.3. <u>Concentración de yodo en lana de los corderos</u> .....	55
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	56
6. <u>RESUMEN</u> .....	57
7. <u>SUMMARY</u> .....	58
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	59
9. <u>ANEXOS</u> .....	71

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto de la nutrición durante el último tercio de la gestación sobre la maduración folicular en Merino.....	16
2. Distribución estacional en diferentes suelos de basalto.....	29
3. Contenido de minerales en pasturas de basalto .....	30
4. Requerimiento de macro y microminerales.....	31
5. Medias mensuales de temp, RR y HR entre el periodo 2008-17 .....	40
6. Medias mensuales de temp, RR y HR del año 2017 .....	41
7. Biomasa disponible, altura de corte y contenido de yodo (i) de campo natural.....	48
8. Concentración de yodo en suero de ovejas Merino en gestación.....	49
9. Peso vivo promedio de corderos al nacer, hijos de madres correspondientes a cada tratamiento .....	50
10. Peso vivo promedio de corderos al destete, hijos de madres correspondientes a cada tratamiento .....	51
11. Peso de vellón sucio .....	53
12. Peso de primero vellón al año y características de la fibra de la lana.....	54
13. Concentración de yodo en lana de los corderos .....	55

Figura No.

1. Evolución del promedio del diámetro de la fibra en el núcleo fundacional, en los animales originarios dentro del mismo y en las progenies que han ingresado al mismo. ....	4
2. Diagrama de un grupo folicular .....	6
3. Folículo primario, sus principales estructuras y regiones.....	7
4. Principales estadios del desarrollo folicular .....	9
5. Evolución del desarrollo de un folículo primario.....	11
6. Evolución del desarrollo de un folículo secundario .....	14
7. Relación S/P en función de la edad para diferentes razas ovinas .....	16
8. Máxima producción de lana .....	20
9. Esquema de regulación de hormonas tiroideas .....	26
10. Zonas de mayor (más oscura) a menor prevalencia de bocio .....	33
11. Prevalencia de bocio endémico en humanos en Uruguay .....	34
12. Foto aérea del padrón y ubicación del potrero.....	38
13. Foto aérea del potrero del experimento e instalaciones .....	39
14. Croquis de corrales y boxes de alimentación.....	44
15. Croquis del refugio.....	44
16. Ganancias diarias a la señalada .....	52

## 1. INTRODUCCIÓN

Uruguay es un país en el cual su economía se basa principalmente en el sector agropecuario, representando el mismo el 76,4 % del total de las exportaciones (MGAP. DIEA, 2018). En lo que respecta al rubro ovino, la misma fuente menciona que dicho rubro ocupa el 3,3% del total de las exportaciones, las cuales se conforman por lana, carne y ovinos en pie.

En el ejercicio 2016/17 el stock ovino fue de 6,5 millones de animales según MGAP. DIEA (2018), siendo el mismo desplazado hacia zonas de menor aptitud agrícola, concentrándose en los departamentos de Artigas, Paysandú, Salto y Tacuarembó (zona basáltica).

La producción ovina en el país está caracterizada principalmente por presentarse en sistemas extensivos con base pastoril de campo natural, la cual varía en el año y entre años, dicha variabilidad está determinada por la interacción que existe entre el clima, el suelo, las planta y los animales, modificando así la disponibilidad de forraje y la calidad del mismo (Piaggio y Uriarte, 2005). Dicha actividad en el país se encuentra principalmente en la zona basáltica (33 % del stock ovino), en donde predominan suelos superficiales y medios, de baja producción de forraje (kg de materia seca), pero de alta calidad, tornándose un ambiente óptimo para la cría ovina, donde predominan animales de raza Merino australiano.

Para asegurar la salud y la productividad animal, no solo se basa en la disponibilidad de energía y proteína de la pastura, sino que hay que tener en cuenta también la presencia de macro y micronutrientes, los cuales son indispensables para el correcto funcionamiento de los procesos biológicos internos que ocurren en el animal (Piaggio y Uriarte, 2005).

Uno de los minerales importante que estaría afectando esos procesos biológicos es el yodo.

El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta a la suplementación mineral de la oveja de cría en el último tercio de la gestación sobre el crecimiento y producción del cordero y sus características de la lana.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ANTECEDENTES

La producción ovina ha sido de gran importancia para el desarrollo económico y social del Uruguay, por mucho tiempo fue el rubro que más divisas proporcionó al país y tuvo un papel fundamental en el aprovisionamiento de materia prima, permitiendo el desarrollo de la industria textil nacional, así como fuente alimenticia del Uruguay rural.

Según diversos autores, es probable que los ovinos hayan ingresado con anterioridad a los vacunos y yeguarizos ingresados por Hernandarias a la banda oriental. Según Mena Segarra (1996), en 1608 cuando los portugueses construyeron la “nova colonia do sacramento” traen consigo las ovejas, las que se denominaban “churras” de poca lana y de baja calidad, las cuales dieron origen a la oveja criolla.

Como consecuencia de la inclinación por la producción de carne por parte de los productores ingleses y franceses (1840-1850) y la guerra de secesión (1861-1865) que se dio en Estados Unidos y provocó un descenso en la producción de algodón sureño, aumenta la demanda de lana, lo que causó en Uruguay una fuerte expansión del ovino, creciendo exponencialmente el número de cabezas que llegó a registrarse 20 millones hacia el año 1872 (Barrán y Nahum, 1967).

La demanda de lana por Gran Bretaña y Francia provocó que los productores se enfocarán hacia este producto, por lo que comenzaron los cruzamientos con razas laneras (Merino, Ramboulliet y Negrette), ya que en Uruguay prevalecía la raza Criolla (Barrán y Nahum, 1967).

#### 2.1.1. La raza Merino australiano

Es la raza más numerosa del mundo, con un rebaño que se estima en los 220 millones de ovejas, siendo la raza que contribuyó a crear la riqueza lanar en todos los continentes. Es originaria de la zona de Asia menor, iniciándose en el siglo VII AC (antes de Cristo) y desde allí se fue diseminando, primero al Norte de África y luego a España, desde donde fue llevada a todo el mundo. Es apreciada por su producción de lana, siendo muy codiciada por su finura y calidad, es la que presenta mayor demanda y cotización a nivel de precio en el mundo. Se caracteriza por su color blanco, suavidad y densidad.

### 2.1.2. Merino australiano en Uruguay

Los sistemas productivos predominantes, de pequeña y mediana escala, orientados al proceso de cría, con un bajo porcentaje del área mejorada, se caracterizan por un mayor énfasis hacia la producción de lana, con escasa oportunidad de diversificación de la producción hacia otros rubros alternativos (Montossi et al., 1998).

Los suelos superficiales constituyen aproximadamente el 80% de la región basáltica, representado esta última más del 20% del territorio nacional. La alta proporción de suelos superficiales, con alto riesgo de sequía, limita las posibilidades de incrementar la oferta forrajera a través de la inclusión de pasturas mejoradas, siendo éste, entre otros factores, determinante de los bajos niveles de productividad logrados por los productores ovinos de la región.

En el ámbito internacional, el diámetro de fibra de la raza Merino en Uruguay es considerado con un promedio histórico de 21,8 micras (rango entre 20.4 y 24 micras), con altos rendimientos al lavado, largo y resistencia aceptables, color y brillo de la fibra insatisfactorios (Montossi et al., 2006).

En la actualidad en Uruguay se está llevando a cabo un proyecto que apunta a reducir el diámetro de fibra mejorando la calidad de la lana, aumentando el peso del vellón y del cuerpo. Este proyecto es desarrollado por el consorcio regional de innovación de lana ultrafina (crlu), que surge del esfuerzo interinstitucional público-privado, con el objetivo de lograr una consolidación en el proceso de valoración de las lanas uruguayas.

Con la creación del núcleo de Merino Fino de la unidad experimental "glencoe" (nmf), perteneciente a INIA Tacuarembó, ubicada en la región de Basalto, y a partir de la contribución de 37 productores cooperadores fue posible la generación de dep's de machos y hembras para las siguientes características: pvs, pvl, lm, pc y diámetro de la fibra, y más recientemente se incorporó la resistencia a los parásitos gastrointestinales (a través del hpg).

Dicha información se complementa con la generación de índices de selección que involucra el componente económico en la mejora genética. Se entregaron, hasta el año 2010, a los productores cooperadores del nmf más de 650 carneros superiores. La propuesta del nmf era alcanzar diámetros inferiores a 20 micras en diez años de programa. Este objetivo fue alcanzado en la mitad de tiempo proyectado (2003). En la actualidad, como se ve en la figura 1 el promedio de finura de los animales pertenecientes al núcleo es de 17,7 micras, produciendo un total de lana de 4,4 kg (Montossi et al., 2014).

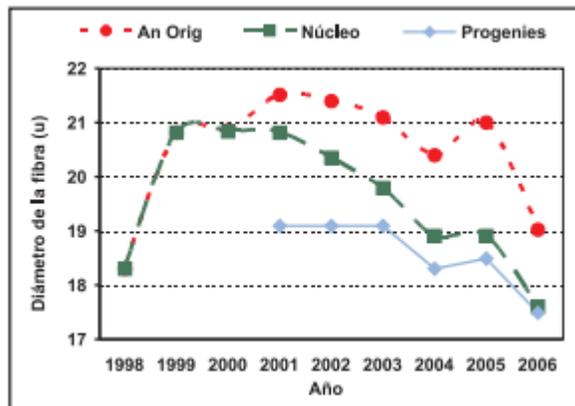


Figura 1. Evolución del promedio del diámetro de la fibra en el núcleo fundacional, en los animales originarios dentro del mismo y en las progenies que han ingresado al mismo

Fuente: tomado de Montossi et al. (2014).

## 2.2. ESTRUCTURA DE LA PIEL OVINA

La piel de los mamíferos es la primera barrera natural entre el organismo y el medio externo, protege al animal de agentes físicos, químicos y microbiológicos. Está compuesta por dos capas superpuestas, una externa denominada epidermis, de origen ectodérmico que se caracteriza por ser un tejido epitelial de revestimiento, pavimentoso, estratificado y queratinizado; y otra capa interna, más gruesa, compuesta por tejido conjuntivo denso denominada dermis o corion, que tiene su origen en el mesodermo (Calhoun y Stinson, Ham, citados por Costa et al., 2006).

La epidermis no es uniforme a lo largo del cuerpo del animal, es decir varía su espesor, siendo más gruesa en donde se localizan pelos y más fina en partes de lana, comprende las siguientes capas, partiendo desde la superficie de la piel: estrato córneo, estrato lúcido, capa granulosa, estrato espinoso y estrato o capa basal (Helman, 1965).

## 2.3. FOLÍCULO

La estructura que da origen a la lana se denomina folículo, éste es un órgano que se forma por células epidérmicas luego de un cierto estímulo recibido por fibroblastos. Son verdaderas fábricas productoras de fibra, se originan de una invaginación de la capa germinativa de la epidermis hacia la

dermis, donde penetra profundamente para formar allí un bulbo de activa multiplicación celular. Determina la cantidad de lana que el animal produce.

La piel presenta dos tipos de folículos: primarios y secundarios. Estos comparten similares estructuras, pero se diferencian por los órganos accesorios asociados, momento de iniciación y en el desarrollo fetal de la piel (Chapman y Ward 1979, Black 1987). Los folículos primarios son los que aparecen primero en la piel, son de mayor tamaño y se encuentran agrupados de a tres. Se reconocen por tener varias estructuras accesorias como la glándula sebácea bilobulada, glándula sudorípara y músculo pili-erector (Ryder y Stephenson, 1968).

En cambio los folículos secundarios comienzan su iniciación y desarrollo posteriormente a los primarios y presentan únicamente como estructura accesorias una glándula sebácea unilobulada. En cuanto a su tamaño son más pequeños y se encuentran en mayor cantidad que los primarios.

Estos folículos presentan una gran particularidad ya que son capaces de ramificarse dando origen a los llamados folículos secundarios derivados, donde todas las fibras producidas por estos emergen por un mismo orificio hacia la superficie de la piel, los folículos derivados son los últimos en iniciarse y por consiguiente se insertan en la piel en forma más superficial (Von Bergen 1963, Mendoza Amaral 1968, Ryder y Stephenson 1968, Pérez Álvarez et al. 1992).

Entre los folículos secundarios, los derivados tienden a ser más comunes en la piel de los ovinos con relaciones altas entre folículos secundarios y primarios, como por ejemplo en la raza Merino, y son comparativamente más raros en razas con relaciones bajas (Chapman y Ward, 1979). Algunas veces, los folículos secundarios derivados pueden tener glándulas sudoríparas, pero no músculo pili-erector, son intermedios en tipo entre folículos primarios y secundarios, y se incluyen en el recuento como folículos primarios (Hardy y Lyne, 1955).

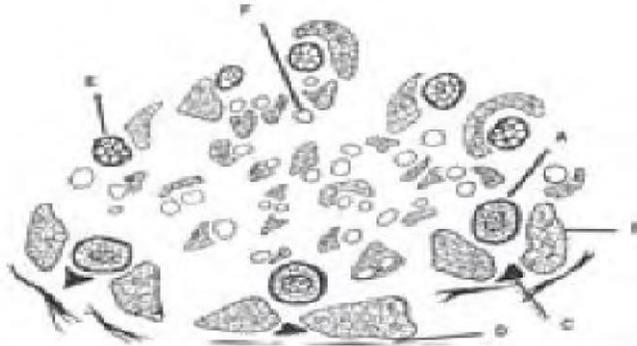


Figura 2. Diagrama de un grupo folicular

Fuente: tomado de Elvira (2009).

En la figura 2 se muestra un corte transversal de piel de un ovino, mostrando un grupo folicular con una relación S/P de 12:1. Los tres folículos primarios en el grupo están ubicados a lo largo de la base del diagrama: a) folículo primario, b) glándula sebácea, c) glándula sudorípara, d) músculo estriado, e) folículos secundarios tempranos y f) folículos secundarios tardíos.

### 2.3.1. Estructura del folículo

En la figura 3 se ilustran las regiones y las principales estructuras de un folículo primario.

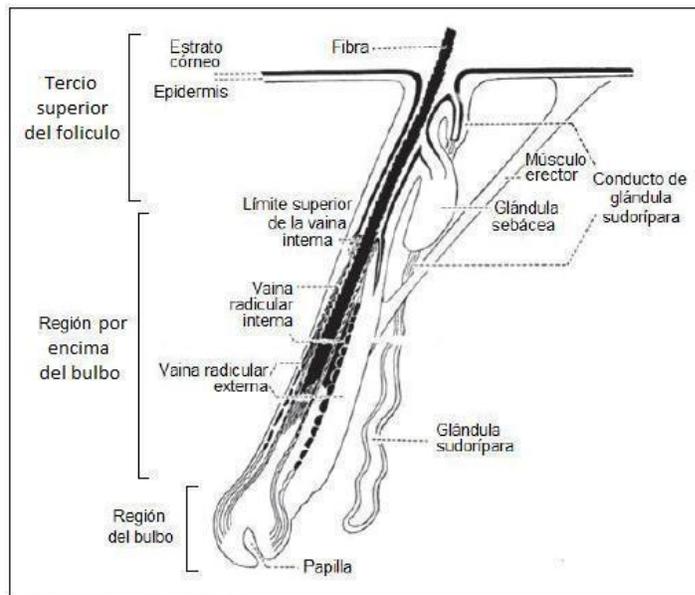


Figura 3. Folículo primario, sus principales estructuras y regiones

Fuente: tomado de Rogers (2006).

### 2.3.2. Estructuras accesorias del folículo

Como se mencionó anteriormente los folículos primarios y secundarios se diferencian por sus estructuras acompañantes (glándulas accesorias), mientras que los primarios están acompañados por glándula sudorípara, glándula sebácea bilobulada y músculo pili-erector, los secundarios cuentan sólo con una glándula sebácea unilobulada (Black, 1987).

#### 2.3.2.1. Glándulas sebáceas

Están ubicadas a un costado de folículo y su conducto desemboca en el interior de este. En los folículos primarios es bilobulada y además de menor tamaño que en los secundarios.

Esta glándula es la encargada de segregar la cera compuesta por ésteres y ácidos grasos, la cual es insoluble en agua y soluble en solventes orgánicos, que cumple con la finalidad de proteger a la fibra y al animal de elementos climáticos adversos, también actúa como protectora de la penetración y proliferación de bacterias. Dicha cera recubre a la fibra e impide el afieltramiento, preserva de daños mecánicos y actúa como repelente del agua (Pérez Álvarez et al., 1992).

#### 2.3.2.2. Glándulas sudoríparas

Se encuentran a lo largo de todo el cuerpo, segregan el sudor, este está compuesto por sales de potasio solubles en agua, y es soluble en agua fría y en pH alcalino, a través del sudor el organismo regula la temperatura y elimina toxinas. El sudor protege a la fibra de los rayos ultravioletas de la luz solar (Pérez Álvarez et al., 1992).

La cera y el sudor forman la suarda de la lana, la cual contiene 44% de ácidos grasos y 56% de fracción insaponificable, es la encargada de la lubricación y protección de la fibra, varía entre razas y zonas del cuerpo del animal. La suarda aumenta con la finura del vellón, la región del tronco es la que contiene mayor cantidad, siendo menor en la región ventral, ancas, cuello y parte superior del lomo. La producción de suarda es constante a lo largo del año, a su vez es de gran importancia en el toque, una de las características utilizadas para determinar la finura del vellón en lanas cruce fina y Merino (Ryder y Stephenson, 1968).

#### 2.3.2.3. Músculo pili-erector

No tiene ninguna función específica en el folículo productor de lana, aunque algunos investigadores sostienen que ayuda al mecanismo termorregulador de la superficie de la piel (Moule 1962, Von Bergen 1963, Pérez Álvarez et al. 1992).

#### 2.3.2.4. Irrigación sanguínea al folículo

La irrigación sanguínea al folículo está dada por una red de vasos capilares que rodean el tercio inferior del folículo extendiéndose estos hasta el punto donde la fibra está completamente queratinizada, del lado de la papila ingresan capilares, siendo de esta manera como llegan los nutrientes necesarios para realizar la división celular que va a formar la futura fibra. El tamaño y forma de la papila determinan el diámetro de la fibra en crecimiento. Cuanto más grande sea, más grande será el diámetro de la fibra en el nivel de queratinización. Como las papilas más grandes usualmente contienen más

vasos sanguíneos las variaciones del diámetro estarían asociadas con el número de vasos sanguíneos en la papila (Ryder y Stephenson, 1968).

Ferguson, citado por Ryder y Stephenson (1968), fue capaz de demostrar experimentalmente que un aumento en la circulación sanguínea a causa de una vasodilatación, resulta en un aumento en la producción de lana.

### 2.3.3. Desarrollo folicular

En el caso de los folículos primarios, la iniciación folicular comienza a los 70 días de gestación, empezando por el cráneo del feto para luego expandirse hacia todo el cuerpo, mientras que en los folículos secundarios es diferente ya que comienzan su iniciación aproximadamente a los 90 días de gestación (Black 1987, Pérez Álvarez et al. 1992).

EDAD FETAL (días)	INICIACION FOLICULAR	INICIACION DE GLANDULAS	FIBRA DE LANA
35-40	Primario central en cabeza y cara		
55-65	Primario central en todo el cuerpo		
75-90	Primarios laterales	Sudoripara en primario central	
80-95		Sebacea en primario central y sudoripara en primario laterales	
90-110	Secundarios originales	Sebáceas en primeros laterales	Iniciación en primario central
100-120		Sebáceas en secundarios originales	Iniciación en primarios laterales y emergencia en primario central
115 en adelante	Secundarios derivados		Emergencia en primarios laterales
115-120			Iniciación en secundarios originales
120 en adelante		Sebaceas en secundarios derivados	Emergencia en secundarios originales
130 en adelante			Iniciación en secundarios derivados
135-145			Formación en secundarios derivados de primera ola
140-150			Formación en secundarios derivados de segunda ola
Post-natal			Formación en secundarios derivados de segunda ola

↓  
Rápida expansión de la piel

Figura 4. Principales estadios del desarrollo folicular

Fuente: tomado de Rodríguez <sup>1</sup>

#### 2.3.3.1. Desarrollo de folículos primarios

Comienza su desarrollo a partir de la epidermis, específicamente en la capa basal, estos folículos comienzan su desarrollo a los 45-50 días de vida fetal, llegando a ser potenciales a los 70-75 días fetales. Antes de que alcance el doble de su ancho comienza a aplanarse en la base y las células de la dermis a concentrarse en la base. En el costado del folículo inmaduro empieza a formarse la glándula sebácea, y al final de este estadio, a su lado se forma una glándula sudorípara bilobulada. En última instancia, se forma sobre el mismo lado donde están ubicadas las glándulas sudorípara y sebácea, el músculo pili-erector.

En el estado de papila comienza la formación del canal piloso, producto de la queratinización de las células epidérmicas. Todo el proceso ocurre hasta aproximadamente los 90 días fetales. La lana es producida por multiplicación de células epidérmicas. La fibra en formación es desplazada hacia arriba por la presión de la división celular. Al final de este estadio, aproximadamente a los 100 días de vida fetal, la punta de la fibra se queratiniza y cuando el crecimiento sobrepasa el nivel de la glándula sebácea, se considera que el folículo está maduro.

---

<sup>1</sup> Rodríguez, R. 2016. Com. personal.

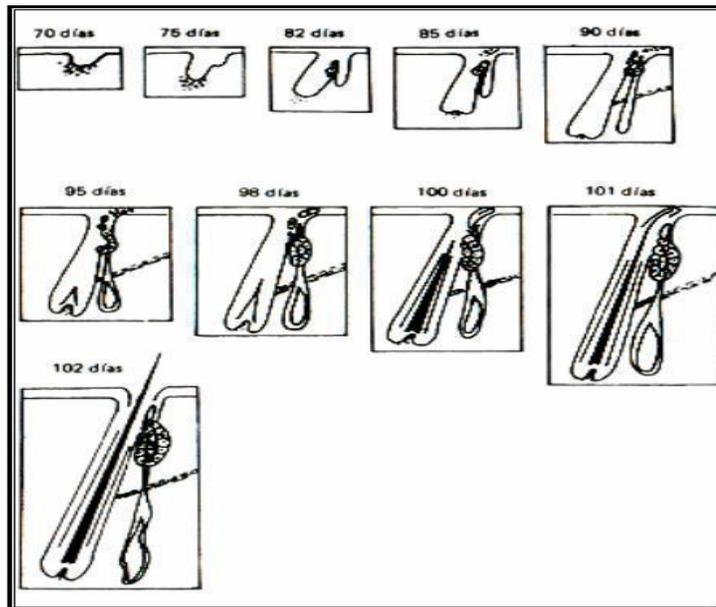


Figura 5. Evolución del desarrollo de un folículo primario

Fuente: tomado de Ryder y Stephenson (1968).

Según Ryder y Stephenson (1968) ocurren una gran sucesión de cambios en el folículo primario, los cuales se detallan a continuación.

Fase 1 - tapón folicular: la primera etapa en la formación de un folículo es la multiplicación celular en un punto de la epidermis formando un tapón de células. Al mismo tiempo existe una aglomeración de células dermales por debajo del tapón. Como consecuencia de la continua división celular en este tapón, se invagina en la dermis, usualmente en un ángulo agudo con respecto a la vertical. En esta etapa (75 días de gestación) el folículo no tiene suministro de sangre, y puede ser visto invaginándose sin el contacto de la red de capilares sanguíneos que se encuentran inmediatamente por debajo de la epidermis.

Fase 2 - pre papila: la base del tapón folicular se aplasta antes de que el largo del tapón haya alcanzado el doble de su ancho. Durante esta fase aparece la glándula sudorípara como un sólido brote en un lado del folículo. Posteriormente se forma el brote de la glándula sebácea por debajo del brote de la glándula sudorípara y las glándulas pueden ser reconocidas.

Fase 3 - papila: la base del tapón se vuelve cóncava, y se forma una papila del casquete de células dermales las cuales aparecen en la fase 1 (90

días de vida fetal). Además, se forma el músculo pili-erector en la dermis del mismo lado que las glándulas anexas y se extiende desde la parte inferior del folículo hasta la epidermis. En esta etapa del desarrollo los folículos se han invaginado hasta el nivel de los vasos sanguíneos, y ocasionalmente los capilares sanguíneos pasan cerca del folículo y lo rodean. Alrededor de esta etapa una estructura conocida como el canal piloso comienza a formarse en la epidermis, este se forma por la queratinización de células y la aparición de espacios intercelulares.

Fase 4 - cono de la fibra: las células de la parte inferior del folículo en desarrollo forman un cono, con un extremo sólido dirigido hacia la superficie de la piel, el cual posteriormente dará origen a la capa de Henle. En esta etapa la glándula sudorípara comienza a formar un lumen. El músculo pili-erector está presente como dos hebras extendidas debajo de la epidermis a los lados del folículo a nivel profundo.

Fase 5 - cono de la fibra adelantada: la punta del cono fibroso alcanza el nivel de la base de la glándula sebácea. Dentro del cono, durante el desarrollo de la fibra puede reconocerse las células que van a dar origen a la capa de Huxley, a la cutícula interna de la raíz y al córtex de la fibra.

Fase 6 - formación de la fibra: la punta de la fibra de lana endurecida, queratinizada aparece dentro del cono, y alcanza el nivel de la glándula sebácea (100 días de vida fetal). La fibra y la vaina interna alrededor de ella son producidas por la multiplicación de las células de la epidermis que rodean la papila. Solamente estas células se mantienen muy activas por lo que la fibra es empujada hacia arriba por la presión ejercida por la división celular en el bulbo. La parte restante de la columna de células que crece a partir de la epidermis origina la vaina externa de la fibra. En esta etapa a pesar de que la papila está bien desarrollada, aún no contiene ningún vaso sanguíneo, aunque algunas redes capilares se comienzan a formar alrededor del folículo.

Fase 7 - fibra en la epidermis: la punta de la fibra emerge a través de la punta del cono y descansa en la epidermis en un canal formado el cual comenzó su desarrollo en la fase 3. Wildman, citado por Ryder y Stephenson (1968) consideró que la cera de la lana entra al canal desde la glándula sebácea, facilitando el pasaje de la fibra. La presión ejercida desde abajo causa que la fibra se curve dentro del canal, y a su vez esto levante la epidermis ocasionando una pequeña protuberancia.

Fase 8 - emerge la fibra: finalmente la presión ejercida por la fibra es tan grande que la capa exterior de la epidermis rompe, permitiendo a la punta de la fibra emerger por encima de la superficie de la piel (102 días). Los vasos

sanguíneos solamente están comenzando a entrar en la papila, y aquí forman solo un lazo alrededor de ella, sin haberse expandido como para llenar el volumen total de la papila.

Estos folículos están capacitados para producir los cuatro tipos diferentes de fibra que se pueden encontrar en el vellón: lana, fibra heterotípica, pelos y kemps.

#### 2.3.3.2. Desarrollo de folículos secundarios

En lo que refiere a folículos secundarios (fs) se encuentran algunas diferencias respecto a los folículos primarios, entre ellas que la mayoría de estos folículos forman nuevos folículos a partir de los originales, por otra parte, alcanzan un mayor largo, las ramificaciones aparecen luego de la formación de la glándula sebácea (rudimentaria). El canal piloso en el caso de los folículos secundarios presenta un desarrollo más tardío, como también no se dobla por debajo de las capas más exteriores de la epidermis, como ocurre con los primarios.

En cuanto a los folículos secundarios derivados estos presentan los mismos estadios de desarrollo, teniendo como salvedad que no son formados sobre la epidermis y su glándula sebácea se desarrolla más tarde en cuanto al canal piloso para ambos casos son de igual tamaño. El desarrollo de estos folículos (secundarios) se presenta más tardíamente que el caso de los primarios siendo en las últimas etapas de la vida fetal, diferenciándose durante el tercio final del periodo de gestación hasta producido el nacimiento, y dando origen, únicamente, a fibras típicas de lana, no meduladas constituyendo la "unidad de producción de lana" (Helman, 1965).

Helman (1965) señala que la relación entre estos dos tipos de folículos depende más que nada de factores hereditarios, pero se ve afectado por factores ambientales, este autor asegura que esta relación podría presentar una gran influencia sobre las características de los vellones de Merino.

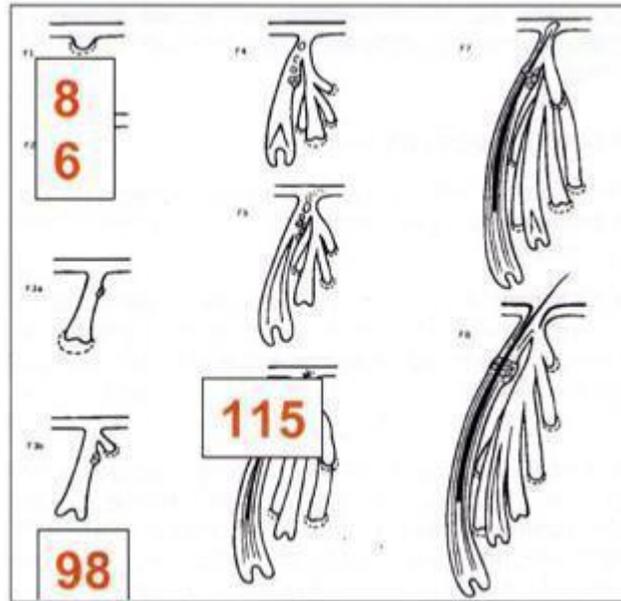


Figura 6. Evolución del desarrollo de un folículo secundario

Fuente: tomado de Ryder y Stephenson (1968).

#### 2.3.4. Grupo folicular y su desarrollo

Los folículos de la lana no se encuentran aislados, sino que se organizan en grupos, y de forma característica, los grupos foliculares están organizados de tal manera que un grupo folicular está formado por 3 folículos primarios a los que se le llama “trío”, y un número variable de folículos secundarios.

La primera oleada de formación de folículos genera los folículos primarios (Fenton et al., 2003), cada uno de estos va a tener como destino ser miembros fundadores de sus respectivos grupos, por esto se les denomina folículo primario central y su formación se da en el periodo llamado pre-trío, comienza en la cabeza y la nuca del feto, ocurre entre los días 45 y 54 de gestación. Posteriormente aparecen en el cuello, extremidades y flancos. Por último, entre los días 54 a 63 aparecen en el resto del cuerpo (Ryder y Stephenson, 1968). Luego del completo desarrollo de este folículo central comienza una segunda fase que consiste en la formación de los otros dos folículos primarios que se ubican a los lados de este folículo central y son llamados folículos primarios laterales y su formación se da a partir de los 75 días fetales y es de aproximadamente unos 15 días, denominándose a este periodo como trío (Pérez Álvarez et al., 1989).

Luego de este periodo comienza el periodo llamado como post-trio, que comienza aproximadamente a los 90 días fetales, donde comienza el desarrollo de los folículos secundarios, los que quedan definidos según la raza en consideración. Es el periodo más largo ya que llega hasta el nacimiento del animal (Ryder y Stephenson, 1968), sólo entre el 25 % y 50% de los folículos secundario producirán fibra al momento del nacimiento (Pérez Álvarez et al., 1989).

Es la etapa más rápida en el aumento de la población folicular, y culmina con el establecimiento del birthcoat del cordero, más o menos a los 150 días de gestación, comprendiendo un período de aproximadamente 70 días (Ryder y Stephenson, 1968).

Para el caso de la raza Merino, Marston (1948) señala que esta raza es capaz de iniciar folículos hasta los dos años de edad, aunque sus estructuras accesorias quedan desarrolladas a partir de los 45-55 días de gestación.

#### 2.3.5. Relación folículos secundarios/primarios

El conocimiento de la estructura folicular es importante en la determinación de la estructura del vellón, se observan diferencias entre las distintas razas, cuanto más elevada sea la relación de folículos secundarios/primarios (s/p) más fina será la fibra, como en el caso de la raza Merino que presenta una relación s/p en el orden de 21-22, mientras que razas más gruesas presentan relaciones más pequeñas como es el caso de la raza Lincoln (Carter y Clarke, 1957).

Hay varios factores que pueden afectar la iniciación y maduración de los folículos secundarios. El principal factor es la raza; existen grandes diferencias en densidad (número de folículos por unidad de área) entre razas; se ha comprobado que la densidad de folículos primarios no es significativamente diferente entre las distintas razas, y que la mayor parte de la diferencia que ocurre entre razas es provocada por las diferencias en el número de folículos secundarios (Pérez Álvarez et al., 1989).

La relación folículos secundarios/primarios es medida en un área específica de piel y expresa la cantidad de folículos secundarios en relación a la cantidad de folículos primarios (relación s/p), por lo que una mayor relación indica un mayor número de folículos secundarios en relación a primarios, por lo tanto, una mayor densidad. Cabe destacar que el número de folículos primarios no se modifica luego del nacimiento, por ende, variaciones en esta relación van

a estar ligados siempre a cambios en los folículos secundarios (Ryder y Stephenson 1968, Mendoza Amaral 1968).

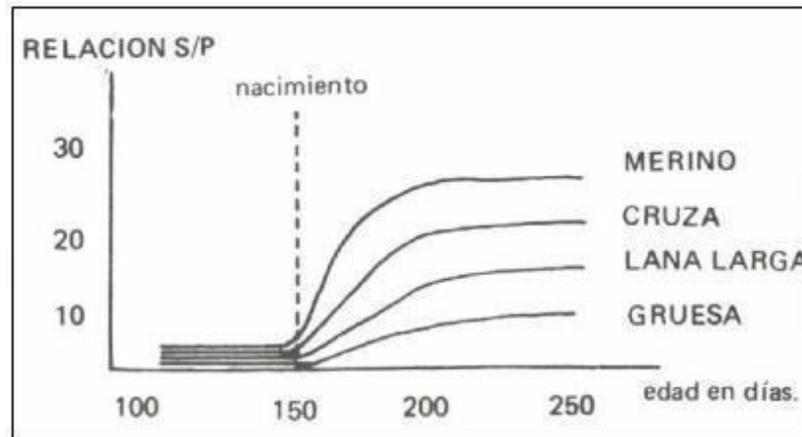


Figura 7. Relación S/P en función de la edad para diferentes razas ovinas

Fuente: tomado de Mendoza Amaral (1968).

Otros factores ambientales que pueden modificar la iniciación y maduración de los folículos secundarios son la nutrición, fundamentalmente en el último tercio de gestación y primeros meses de lactancia, también el tipo de parto, ya sea si es mellizo o único y además la edad de la madre, ya sea oveja o borrega. Para el caso particular de las borregas de primera cría se observó que una restringida nutrición durante la gestación trae como consecuencia un peso menor al nacer y una depresión en la relación s/p de los corderos (Schinckel 1957, Short et al. 1958).

Cuadro 1. Efecto de la nutrición durante el último tercio de la gestación sobre la maduración folicular en Merino

Plano nutritivo	Relación s/p al nacer	Relación s/p produciendo fibra
Alto	20,4	3,86
Bajo	18,6	2,05

Fuente: adaptado de Schinckel y Short (1961).

Como se observa en el cuadro una mala nutrición fetal y al nacer reducen la maduración de los folículos secundarios, resultando en una menor relación s/p, lo cual da como resultado directo un mayor incremento de la

densidad de folículos primarios esperados, por el retraso en el crecimiento del cuerpo y además por el retraso en la expansión de la piel (Fraser y Short, citados por Short et al., 1958).

Por lo tanto, es claro que una mala nutrición en etapa fetal traerá como consecuencia una menor producción de lana en la etapa adulta, ya que afectará la producción de folículos secundarios. Una mala nutrición post-natal va a traer aparejado un retraso en la maduración de los folículos secundarios y a su vez provocará que algunos de estos no maduren nunca, afectando la producción de lana del animal adulto hasta en un 12% (Pérez Álvarez et al., 1989).

### 2.3.6. Competencia folicular

Diversos autores sugieren que la cantidad de fibra producida por un folículo individual es afectada significativamente por el número de folículos que lo rodean, esto lleva a que exista una competencia entre ellos por los recursos y el espacio (Pérez Álvarez et al., 1989).

Se puede concluir que para el caso de la raza Merino (raza fina), cuando el folículo primario produce fibra tiene una gran competencia de los folículos secundarios vecinos que se están formando e iniciando, lo que trae como consecuencia un menor diámetro de fibra, mientras que las razas gruesas presentan menor competencia (Pérez Álvarez et al., 1989). El diámetro medio de fibras producidas por los folículos primarios es de esperar que sea mayor que el diámetro promedio de las fibras producidas por los folículos secundarios (Nagorcka, 1995).

Por esto es importante saber la composición folicular, ya que va a determinar el tipo y la cantidad de lana producida por cada raza y animal en particular.

### 2.3.7. Densidad folicular

La densidad folicular es definida por Maddocks y Jackson (1988) como el número total de folículos por unidad de área de piel. A su vez cada raza tiene vellones con densidades foliculares y longitudes de fibras específicas, cabe resaltar que existe una correlación positiva con la producción de lana por unidad de área de piel y la curvatura folicular, teniendo una correlación negativa con el diámetro (Adelson et al., 2002). La selección de animales basándose en el incremento de la densidad folicular llevaría a incrementos en peso de vellón limpio, reduciendo el diámetro de fibra, por lo tanto, existe un aumento en la calidad y cantidad de la lana producida (Hynd et al., 1993)

Al ser una característica gobernada por varios genes, trae como consecuencia que sea heredado de madre a hijo y allí queda definido el potencial de este en la producción de lana. En lo que refiere a la concreción, va a ser afectada por varios factores. Se ha observado que cambios en la alimentación pueden aumentar la cantidad de lana producida, esta mayor producción está relacionada con el diámetro y su tasa de crecimiento.

Es de importancia la densidad folicular por dos razones, por una parte, incide en el peso del vellón, por lo que un aumento en la densidad de fibras generalmente lleva a un aumento en el peso de vellón; y por otro lado incide también en la capacidad del vellón para resistir la lluvia, ya que además de presentar una alta densidad de fibras, el vellón tendrá una cantidad adecuada de suarda para dicho propósito (Mendoza Amaral, 1968).

Luego de que el animal nace, la densidad folicular va a depender del grado en que maduren estos folículos y del área de piel que este animal presente, por lo tanto, estos factores van a estar estrechamente relacionados con la nutrición que el animal reciba luego de su nacimiento (Mendoza Amaral, 1968).

## 2.4. FACTORES GENÉTICOS QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE LANA

El número potencial de folículos en el ovino está determinado genéticamente, mientras que el número actual de folículos no, ya que puede ser influenciado por distintos factores, entre los cuales el de mayor interés es el ambiente uterino durante el desarrollo fetal (Black, 1987). La variación entre folículos primarios entre razas es pequeña, existe mayor diferencia en folículos secundarios.

La producción de fibra de cada folículo tiende a ser constante, sin embargo, lo que no tiende a ser constante es la tasa en la que se produce la fibra, el diámetro y la longitud de crecimiento diaria, aunque la relación entre estos factores si lo es.

Según diversos autores, aquellos individuos que son genéticamente superiores en la producción de lana también son los que presentan mayor consumo, y de mayor eficiencia de conversión del alimento, por lo tanto, parecería que tendrían una habilidad para seleccionar su dieta, obteniendo una dieta de mayor calidad, aprovechando de mejor manera los periodos donde existe mayor abundancia de alimento, y por consiguiente hacer un uso más eficiente de la pastura (Pérez Álvarez et al., 1992).

Schinckel y Short (1961), sugirieron que la principal causa en la variación de la producción de lana entre ovejas, era la diferente eficiencia fisiológica de conversión de cada individuo. Diferentes ovejas difieren en la eficiencia en que convierten el alimento en el material bruto utilizado en la síntesis de fibra o también difieren en la eficiencia de los folículos en convertir este material en la queratina de la fibra.

En cuanto a las causas por las cuales existe variación individual en la producción de lana se encuentran: el tamaño corporal y superficie productora de lana, número potencial de folículos de lana por unidad de superficie de piel, su profundidad y curvatura, cantidad de energía y aminoácidos destinados a la síntesis de fibra, irrigación sanguínea o concentraciones hormonales a nivel de la papila bulbar, capacidad folicular para responder a distintos niveles nutritivos y hormonales, habilidad folicular para la utilización de los aminoácidos absorbidos, número y tamaño máximo de las células en el bulbo folicular, su tasa de recambio y la proporción de células producidas que pasan a integrar la fibra y su tamaño (Rodríguez Palma, 1996).

## 2.5. FACTORES NO GENÉTICOS QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE LANA

En el proceso de producción de lana existen distintos factores que van a influir en el futuro potencial del animal.

### 2.5.1. Factores ambientales internos

Se consideran factores ambientales internos a aquellos factores que influyen solo sobre un grupo limitado de individuos o individuos en particular, independientemente del ambiente al que sean sometidos estos individuos o grupos (Pérez Álvarez et al., 1992).

#### 2.5.1.1. Sexo

En cuanto al sexo, la tendencia es que los machos enteros producen mayor cantidad de lana, seguido por los capones y luego por las ovejas. Estas diferencias están dadas por el alimento consumido y el tamaño corporal, efectos hormonales, eficiencia de conversión y mayor población folicular, largo de mecha y diámetro de fibra por parte de los carneros.

Corbett (1979) observó que carneros de 16-24 meses de la raza Merino producen 30% más de lana sucia que las ovejas de la misma raza, pero de mayor edad, mientras que capones producen un 10% más que ovejas

Por lo tanto, los carneros producen la lana más gruesa, seguidos por los capones que presentan una lana más fina que los carneros por no presentar andrógenos debido a la castración, y por último las más finas que son las ovejas.

#### 2.5.1.2. Edad

De Gea (2007) afirma que el crecimiento de la lana y sus dimensiones se ven afectados con el correr de los años, disminuyendo con estos, independientemente del sexo. Cuanto mayor sea su edad, mayor será su volumen corporal, no siendo así su densidad folicular ya que disminuye el número de fibras por milímetro cuadrado de piel.

En cuanto a la máxima producción individual, la misma se encuentra entre los 2-3 años de edad del animal, luego va declinando su producción en el entorno de un 2 a un 4 % anual (Turner y Dolling, 1965).

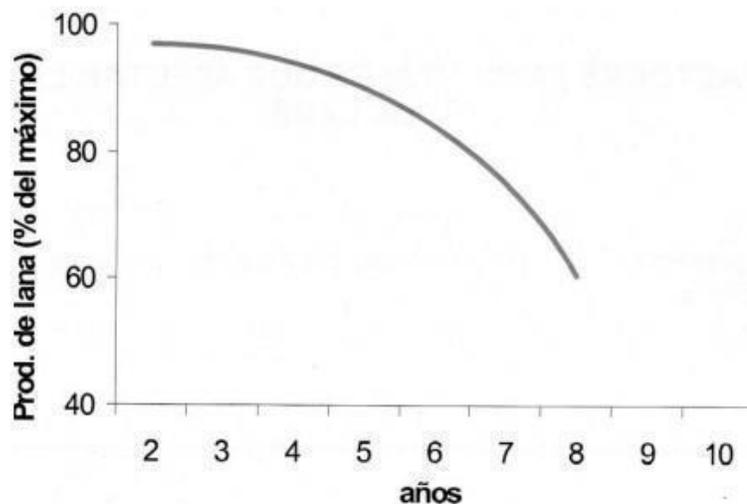


Figura 8. Máxima producción de lana

Fuente: tomado de Turner y Dolling (1965).

La disminución en la producción de lana como consecuencia de la edad de los animales debe aceptarse como inevitable, pero es importante en la discusión de la estructura óptima de edades que debe tener una majada. En el comportamiento reproductivo de la majada se mantienen ovejas hasta los 7 años de edad y aún más lo que ocasiona inconvenientes como ser: disminución de la producción de lana por cabeza de la majada, por estar compuesta por una

alta proporción de ovejas viejas; y una disminución del progreso genético anual debido a un aumento del intervalo generacional (Pérez Álvarez et al., 1992).

#### 2.5.1.3. Efecto materno

Se ha observado que los animales hijos de borregas y los nacidos como mellizos producen en su vida entre un 5-10 % menos que los animales nacidos como únicos y de ovejas adultas. Estas diferencias observadas se pueden deber a que estos animales presentan menor número de folículos secundarios, que conlleva a, un número menor de folículos totales (Turner, 1978).

La reducción en el número de folículos secundarios (Turner, 1978), por un lado, en mellizos se le atribuye a la competencia por nutrientes entre ambos fetos (Donald y Purser, citados por Corbett, 1979); mientras que en borregas a un incompleto desarrollo del útero y la placenta.

#### 2.5.1.4. Comportamiento reproductivo

Existen momentos en que se deprime la producción de lana, entre ellos se encuentran la preñez y la lactancia, esto es debido a que el crecimiento del feto y la producción de leche, tienen preferencia frente a la producción de lana. Trabajos con ovejas de raza Merino señalan que la reducción en crecimiento de lana durante la preñez tardía fue de un 9-24% en relación a ovejas secas (Bianchi et al., 2013).

Los motivos por los cuales surge esta depresión son dos, por un lado, existe un desbalance hormonal que lleva a que se deprima la producción de lana por la hembra, mientras que por otro lado existe un aumento en los requerimientos nutritivos debido a las grandes demandas del feto y de la glándula mamaria para la producción de leche, poniendo en un plano secundario a la producción de lana.

La reproducción no solamente presenta efecto sobre la cantidad de lana producida por el animal, sino también sobre la calidad de la misma, ya que como anteriormente fue mencionado, al existir una menor actividad folicular existiría un estrangulamiento de las fibras lo que llevaría a poder encontrar mechales del vellón que se rompan, ocasionando pérdidas económicas en el lote de lana (Pérez Álvarez et al., 1992).

## 2.5.2. Factores ambientales externos

Son los factores que afectan a la majada en su conjunto y causando un efecto sobre toda la majada (Pérez Álvarez et al., 1992). Dentro de estos factores podemos encontrar: nutrición, clima y sanidad.

### 2.5.2.1. Clima

El clima tiene un efecto directo sobre la producción de lana, que se da a través de la influencia de las variaciones de las horas luz de los días a lo largo del año (fotoperiodo). Este también influye en forma indirecta sobre la producción de lana, a través de su incidencia en la cantidad y calidad de forraje producido (Pérez Álvarez et al., 1992).

Minola y Goyenechea (1975) encontraron realizando un experimento sobre borregas de la raza Corriedale, que todos los grupos sometidos durante todo el año a un mismo régimen de alimentación presentaban variaciones importantes en el crecimiento de lana, en longitud y diámetro a lo largo del año.

Durante los periodos de máximo crecimiento, la lana puede llegar a crecer a un ritmo cuatro veces mayor que cuando el crecimiento es mínimo. La curva de producción de lana muestra dos picos máximos, uno hacia fines del otoño y otro en el verano.

Temperaturas extremas generan condiciones de hipotermia y provocan una disminución en la producción de lana. A su vez un estrés moderado por baja temperatura estimula el apetito, lo que significa un aumento en el crecimiento de lana debido a un aumento en el consumo del animal (Bonino y Condon, 2003).

### 2.5.2.2. Sanidad

Los ovinos probablemente sufren más de parásitos internos y externos que cualquier otro tipo de animales, aunque estos son poco afectados por enfermedades causadas por virus y bacterias (Von Bergen, 1963).

Las infestaciones por parásitos internos tanto gastrointestinales como pulmonares, pueden reducir el crecimiento de lana, particularmente en ovinos que soportan la primera infestación previa al desarrollo de resistencia (corderos destetados) y también en ovejas pariendo. Este es un factor directamente afectado por el clima, sugiriendo que disminuyendo la carga parasitaria se

incrementa el crecimiento de lana por mayor tasa de consumo (Bonino y Condon, 2003).

En cuanto a parásitos externos, la presencia de esta causa fiebre, anorexia y estrés, lo cual puede llegar a casos de rompimiento de vellón, causando pérdidas económicas (Donald, Barton y Brimblecombe, citados Bonino y Condon, 2003).

### 2.5.2.3. Nutrición

Existe una estrecha relación entre la nutrición y la producción de lana, de tal manera que diversos autores llegaron a demostrar que el crecimiento de lana es directamente proporcional al consumo de nutrientes digestibles, existiendo una relación lineal entre consumo de materia seca digestible y producción de lana. A su vez su influencia en el animal será distinta según en la etapa de vida en la que el animal se encuentre (Pérez Álvarez et al., 1992).

Al variar la nutrición de los animales no se observa un cambio inmediato en la producción de lana, sino que existe un cambio paulatino en el nuevo equilibrio en la tasa de crecimiento de lana, si bien hay una relación directa entre el plano nutritivo y la proporción de las células del bulbo que forman fibra (Black, 1987).

La nutrición post-natal temprana determina la velocidad con la cual maduran los folículos secundarios que aún no han comenzado a producir fibra, pero si fueron formados. Por lo tanto, una subnutrición en esta etapa de vida trae como consecuencia un atraso en la maduración de estos folículos, afectando de manera permanente la eficiencia de cada folículo en particular y su habilidad de producir fibra (Schinckel y Short, 1961). Mientras que subnutriciones luego del destete del animal pueden ser más toleradas, si a estos animales se les brindan todas las condiciones nutricionales, estos se recuperan e incluso igualan las producciones de los animales que no fueron sometidos a esta restricción (Williams et al., 1987).

La mayoría de los factores relacionados con la producción de lana están gobernados genéticamente, pero la variación en su crecimiento está estrechamente relacionada con la nutrición del folículo (Black, 1987).

La lana no se produce solamente en el caso de buenos niveles alimenticios, por lo contrario, la producción de lana es un proceso obligatorio y prosigue mientras el lanar viva, aun cuando esté mal alimentado y perdiendo peso. En este último caso, la producción de lana se realiza a expensas de las reservas del animal, o sea a partir de músculo y grasa

El tipo de dieta que se le suministra también juega un rol preponderante en la producción de lana, ya que esta producción está determinada principalmente por la cantidad de proteínas y más aún por los aminoácidos azufrados que llegan al intestino, así como también la energía disponible y los minerales como el zinc y el cobre. Por definición la lana es una proteína que requiere de energía para su división celular y formación de células. La matriz de la lana contiene grandes cantidades de calcio, potasio, sodio, zinc, cobre, manganeso, hierro, selenio e yodo; pero solo el cobre, zinc, yodo y posiblemente el selenio alteran la función folicular, y el crecimiento de la lana directamente (Lee y Grace, 1988).

Estudios demuestran que el peso de vellón limpio disminuye con la dotación, esta disminución va acompañada por una reducción en el diámetro y el largo de mecha (Robards, 1971). A su vez se debe tener en cuenta que los animales no producen igual cantidad de lana a lo largo del año, produciendo más en los meses de verano y menos en los meses de invierno debido a una interacción con el fotoperiodo.

Por lo tanto, se puede concluir que a medida que se les aumentan los niveles de alimentación, aumentan su producción de lana, pero para razas con respuesta fotoperiódica, la mayor respuesta está dada en aquellas estaciones del año donde la eficiencia de conversión en lana del alimento consumido es mayor (verano y otoño).

## 2.6. CONTROL HORMONAL EN EL CRECIMIENTO DE LA LANA

### 2.6.1. Glándula adrenal

Los principales efectos de las hormonas segregadas por esta glándula están relacionados con el enlentecimiento en el crecimiento de la fibra, las secreciones de esta glándula se dan principalmente cuando el animal se encuentra en situaciones de estrés o emergencia. Dicha glándula se encuentra estimulada por la hormona ACTH, proveniente de la glándula pituitaria (Ryder y Stephenson, 1968).

### 2.6.2. Glándula pituitaria

Cuando es extirpada esta glándula los animales tienden a bajar su crecimiento de lana, la hormona de crecimiento es segregada por esta glándula y es la encargada del engrosamiento de la fibra, esta glándula no afecta la tasa de crecimiento de la fibra (Ryder y Stephenson, 1968).

### 2.6.3. Glándula tiroides

La extirpación de esta glándula causa un retraso en la maduración folicular para el caso de corderos recién nacidos, mientras que cuando se realizó en animales adultos el efecto que se observó fue una reducción en el crecimiento de lana a la mitad (Ryder y Stephenson, 1968). Uno de los elementos esenciales para la formación de la hormona tiroidea es el yodo.

#### 2.6.3.1. Anatomía y funciones de la glándula tiroides

Anatómicamente la glándula tiroides se localiza en posición ventral en relación con la tráquea, a nivel del primer o segundo anillo traqueal. Está formada por dos lóbulos, los cuales descansan a cada lado de la tráquea y están conectados por una porción estrecha de tejido llamado istmo.

El folículo tiroideo es la unidad básica de la glándula tiroides y consta de una esfera hueca formada por una sola capa de células epiteliales, que limitan un espacio repleto de líquido (McDonald et al., 1999). El contenido del folículo es una sustancia homogénea llamada coloide, la cual es la forma principal de almacenamiento de hormonas tiroideas, este coloide está constituido principalmente por un complejo proteína - yodo llamado tiroglobulina (molécula de glicoproteína).

La regulación de las hormonas segregadas por esta glándula está dada por el hipotálamo (TRH), hipófisis (TSH) y tiroides (T4 y T3); en él la TSH es la principal hormona reguladora y la TRH estimula la secreción hipofisaria de la TSH, que a su vez estimula a la glándula tiroides produciendo las hormonas a un ritmo uniforme.

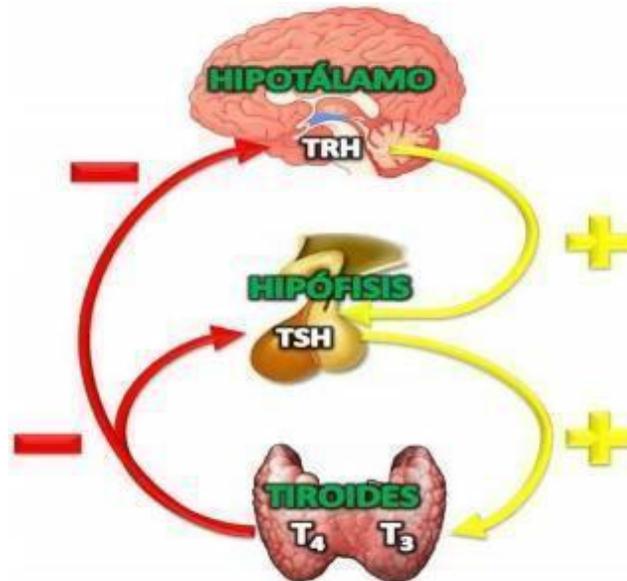


Figura 9. Esquema de regulación de hormonas tiroideas

Fuente: tomado de Brandan et al. (2014).

La TRH viaja a través del sistema vascular porta hipofisario estimulando la síntesis y liberación de TSH. Esta molécula actúa en la glándula tiroides promoviendo la biosíntesis y liberación de T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. Estas son liberadas en la circulación general para cumplir su rol fisiológico sobre los distintos tejidos, a su vez inducen la retroalimentación negativa en la hipófisis.

#### 2.6.3.2. Síntesis y secreción de T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>

La mayoría del yodo en la dieta es reducido a yodo inorgánico en el tracto gastrointestinal y su absorción comienza inmediatamente (Griffin y Ojeda, 1992). La función principal de la glándula tiroides consiste en acumular yodo y fijarlo al aminoácido tirosina para formar las hormonas tiroideas bajo el control de la adenohipófisis, mediante la secreción de tirotrófina u hormona estimulante de la tiroides (Griffin y Ojeda, 1992). Las principales hormonas secretadas por la glándula tiroides son: tiroxina (T<sub>4</sub>), triyodotironina (T<sub>3</sub>), triyodotironina inversa (rT<sub>3</sub>) y la calcitonina (Kaneko et al., 1997).

La síntesis de estas hormonas puede dividirse en tres etapas: acumulación o fijación del yoduro del plasma, yodación de la tirosina y proteólisis de la tiroglobulina (McDonald et al., 1999). El yodo es convertido en yoduro en el tracto intestinal y luego es transportado hacia la tiroides, allí las

células foliculares lo atrapan con efectividad a través de un proceso de transporte activo, estimulado por TSH, contra un gran gradiente de concentración. El proceso de transporte es catalizado por la enzima  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPasa y dependiente de ATP (Kaneko et al. 1997, Cunningham 1999).

### 2.6.3.3. Funciones de las hormonas T3 y T4

Es necesario entender las funciones de las hormonas tiroideas para interpretar las alteraciones endocrinas y evaluar sus posibles aplicaciones en la ganadería. Las hormonas tiroideas aumentan la actividad metabólica de todos o casi todos los tejidos del cuerpo (Guyton, 1994). Su mecanismo de acción, en el ámbito celular, se basa en el hecho de que pueden penetrar la membrana celular aun cuando sean aminoácidos, debido a su alta liposolubilidad y actúan directamente sobre el núcleo para iniciar la transcripción del ARN mensajero (Cunningham, 1999). Estos investigadores, Guyton (1994), Cunningham (1999), han identificado las principales funciones que cumplen estas hormonas y son las siguientes:

- metabolismo basal: estimula el metabolismo en la mayoría de los tejidos incrementando la tasa metabólica basal y la producción de calor.

- metabolismo de carbohidratos: aumenta el consumo, incluyendo la entrada de glucosa (dependiente de insulina) dentro de las células e incrementa la gluconeogénesis y glicogenólisis.

- metabolismo de los lípidos: facilita la  $\beta$  oxidación de ácidos grasos, la T4 disminuye las concentraciones plasmáticas de colesterol y triacilglicéridos. Además, aumenta la sensibilidad de la lipasa hormona-sensible, en respuesta a las catecolaminas (epinefrina), y disminuye la sensibilidad de esta enzima a la acción antilipolítica de la insulina T4; al igual que los estrógenos y la insulina, ayuda a mantener la síntesis del receptor hepático a lipoproteínas de baja densidad (LDL), ayudando así a la remoción del colesterol circulante.

- sistema nervioso central: aunque varios órganos pueden utilizar el T3 circulante, el sistema nervioso central requiere conversión exclusivamente local de T3 a T4 para el desarrollo y función normal del cerebro.

- desarrollo fetal y crecimiento: esencial en etapas finales de la gestación, para la diferenciación cerebral, sinaptogénesis, mielinización, crecimiento de axones y dendritas. Además, en animales jóvenes, está relacionado con la hormona del crecimiento.

- producción de lana: una deficiencia en hormonas tiroideas causa un desarrollo anormal del folículo en el feto, y en ovejas adultas, reduce el

crecimiento y la calidad de la lana. En casos extremos, los folículos de las ovejas con deficiencias tiroideas dejan de producir fibra por completo (Hynd, 1994).

## 2.7. PRODUCCIÓN DE PASTURAS NATURALES EN EL BASALTO

### 2.7.1. Región basáltica

La región basáltica ocupa una superficie de 4 millones de hectáreas aproximadamente, conformando el 21 % del Uruguay. El relieve desciende desde la Cuchilla de Haedo hasta las cercanías del río Uruguay, con unos paisajes de sierras en el contacto con areniscas de Tacuarembó y pendiente de 10 a 12%, seguido de una zona de colinas y lomadas fuertes con pendientes del 6 al 12% (Milot et al., 1987).

Los suelos de dicha región se han originado a partir de rocas efusivas derramadas en varias capas en la era mesozoica. La profundidad de los mismos varía desde la roca desnuda hasta aproximadamente un metro diferenciándose en superficiales y profundos. Estos diferentes tipos de suelo se asocian en distintas proporciones dando lugar a un intrincado mosaico, con cambios notables en corta distancias.

#### 2.7.1.1. Suelos profundos

Los dos principales tipos de suelos en la región basáltica, medianamente profundos y profundos que se encuentran asociados a los suelos superficiales en proporción variable, son Brunosoles y Vertisoles.

Los Brunosoles tienen una alta capacidad de retención de agua y una adecuada profundidad para el desarrollo radicular. El contenido de materia orgánica es alto o medio en condiciones naturales. Presentan niveles de fósforo bajo y tienen una capacidad de fijación media de dicho elemento.

Los Vertisoles se caracterizan por estar formados por arcillas expansivas (montmorillonita) y presentar un micro relieve con montículos y depresiones. Tienen profundidad suficiente para el desarrollo radicular y alta capacidad de retención de agua. El contenido de materia orgánica es elevado en el horizonte superficial. Mientras que el contenido de fósforo es bajo, con una capacidad de fijación media.

### 2.7.1.2. Suelos superficiales

Los litosoles son suelos con un perfil incompletamente desarrollado, en los que mayoritariamente el horizonte superficial, menor a 30 cm, se apoya sobre el horizonte C o sobre la roca. Tienen baja capacidad de retención de agua y por lo tanto alto riesgo de sequía.

### 2.7.1.3. Vegetación

La vegetación dominante de la región basáltica es herbácea, siendo muy poco frecuentes los arbustos y árboles; formando bosques en la orilla de arroyos y ríos. La vegetación herbácea está compuesta en mayor proporción por especies de gramíneas perennes, por leguminosas nativas que son muy pocos frecuentes y se encuentran también con frecuencia reducida un número elevado de especies de otras familias botánicas como ciperáceas, compuestas, umbelíferas, juncáceas, etc.

En esta vegetación hay especies subtropicales (C4) con crecimiento en primavera, verano y otoño, y especies templadas (C3) con crecimiento en otoño, invierno según la temperatura, y primavera. En general, las subtropicales tienen mayor frecuencia, por lo que se produce un déficit en la producción de forraje en invierno, cuando además actúan otros factores como la radiación solar y la temperatura (Berretta et al., 1994).

Las especies que predominan en esta región son; *Paspalum notatum*, *Piptochaetium montevidense*, *Axonopus affinis*, *Stipa sp*, *Schysachirium mycrostachium*, *Andropogon ternatus*, *Paspalum dilatatum*, *Calamagrostis montevidensis*.

A continuación, se observa un cuadro con la distribución de la producción en las distintas estaciones y los diferentes tipos de suelo.

Cuadro 2. Distribución estacional en diferentes suelos de basalto

Basalto (Kg MS/ha/año)	Máximo	Mínimo	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
			%			
Sup. rojo	4835	1412	21	16	32	31
Sup. negro	5443	2330	21	15	32	32
Profundo	6646	3204	22	15	30	33

Fuente: adaptado de Saldanha (2011).

### 2.7.2. Composición mineral de las pasturas

En base a lo comentado por Ungerfeld (1998), el contenido de minerales de las pasturas de Uruguay, se ve influenciado por varios factores, como lo son región geográfica, ubicación topográfica, momento (v/o/i/p) en el que se extrae la muestra, método de corte de la misma, material madre, textura, composición botánica del tapiz, algunos de los cuales se hará énfasis más adelante.

A continuación, se presenta algunos contenidos de macro y microminerales en pasturas naturales de Basalto y se los compara con los requerimientos de los vacunos y ovinos respectivamente (Berretta, 1998).

Cuadro 3. Contenido de minerales en pasturas de basalto

	Minerales							
	Ca	P	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Co
	%			Ppm				
Media	0,56	0,14	0,2	880	180	5,5	28	0,2
Media ajustada	0,54	0,13	0,2			6,2	27	0,2
CV %	9,2	36,9	24	55,9	36	61	15	10
Máximo	0,61	0,14	0,2	1488	276	9,3	33	
Mínimo	0,51	0,13	0,2	492	167	1,8	23	

Fuente: adaptado de Berretta (1998).

Cuadro 4. Requerimiento de macro y microminerales

	Ca	P	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Co
<b>Requerimientos</b>	% /kg MS de la dieta			ppm/kg MS de la dieta				
<b>Vacunos</b>	% /kg MS de la dieta			ppm/kg MS de la dieta				
Máximo	0,53	0,35	0,15	100	25	10	25	0,11
Mínimo	0,2	0,18	0,1	30	10	8	14	0,08
Deficiencia	Baja	Alta	Nula	Baja	Nula	Baja	Baja	Nula
<b>Ovinos</b>	% /kg MS de la dieta			ppm/kg MS de la dieta				
Máximo	0,38	0,28	0,12	30	25	6	26	0,11
Mínimo	0,16	0,13	0,06	30	10	1	17	0,08
Deficiencia	Baja	Alta	Nula	Baja	Nula	Nula	Baja	Baja

Fuente: adaptado de Berretta (1998).

Logrando un consumo adecuado de pasturas naturales sobre Basalto los requerimientos de calcio se satisfacen tanto en vacunos como en ovinos.

Berretta (1998) sostiene que no se han reportado casos de deficiencia de calcio en el Uruguay, aunque es posible que animales de alto requerimiento pastoreando campo natural con menos de 0,25% de calcio, se puedan considerar con deficiencias marginales.

El contenido de fósforo de las pasturas en esta región se encuentra por debajo (aun en sus máximos valores) de los requerimientos tanto de lanas como de vacunos. La mayoría de las pasturas del país (sin importar en qué región se encuentren) presentan deficiencia de este nutriente.

Los valores de magnesio e hierro muestran que las pasturas estarían cubriendo los requerimientos de los animales.

McDowell y Conrad (1977) colocan a Uruguay dentro del grupo de países donde ocurren deficiencias de cobre. De acuerdo al requerimiento de los animales, la probabilidad de que existan deficiencia de cobre es mayor en vacunos que en ovinos.

El magnesio y el zinc estarían en valores adecuados para estos animales, hay que tener cierto cuidado en la estacionalidad que presentan ambos nutrientes y los requerimientos que presentan ciertas categorías tanto en vacunos como en ovinos.

No obstante, el reporte de McDowwel y Conrad (1977) sobre las deficiencias de cobre, según Ungerfeld (1998), las deficiencias serían marginales, restringidas a ciertas categorías de altos requerimientos (corderos) en épocas de primavera y/o verano cuando este nutriente decrece significativamente.

## 2.8. TRASTORNOS POR DEFICIENCIA DE YODO

La función principal de yodo es participar en la síntesis de las hormonas de la tiroide (T3 y T4), las cuales sus funciones fueron descriptas anteriormente. Por intermedios de las mismas el yodo controla la tasa de oxidación en todas las células. En los rumiantes el yodo es absorbido principalmente en el rumen, las consecuencias que causa las deficiencias de yodo son el bocio, caída de pelo en animales jóvenes y retardo de crecimiento corporal y de la lana.

La deficiencia de este mineral produce una anomalía clínica, produciendo un aumento de tamaño de la glándula tiroide (bocio), y esta puede corregirse suministrando sales con yodo a los animales afectados. Carencias de este mineral durante la gestación producen una enfermedad conocida como cretinismo, provocando daños irreversibles en la corteza cerebral del feto.

### 2.8.1. Factores que afectan la concentración de yodo

Debido a los trastornos que causa la deficiencia de este mineral, es necesario conocer en qué situaciones se está corriendo el riesgo de carencia del mismo en la dieta de los animales. A continuación, se describen los diferentes factores que lo afectan.

#### 2.8.1.1. Ubicación geográfica

Según Underwood (1971), América del Sur ha presentado fructíferos campos para el estudio de zonas con prevalencia de bocio. En la actualidad la enfermedad se encuentra en casi todos los países de América del Sur, incluido Uruguay, en donde la zona Norte es la más afectada.



Figura 10. Zonas de mayor (más oscura) a menor prevalencia de bocio

Fuente: adaptado de Kelly y Snedden (1958).

La composición mineral de las pasturas naturales está relacionada con la región y sobre el tipo de suelo en que se desarrollan, se desconoce en qué momento del año la falta de minerales se torna más crítica y cuáles son los niveles óptimos de suplementación en cada caso (Ungerfeld, 1998).

Pereira et al. (1988) presentaron un caso de bocio congénito en ovinos en un establecimiento de Paysandú, sobre suelos de basalto superficial. Se observó un elevado porcentaje de animales recién nacidos con aumento de tamaño de la glándula tiroidea, asociada a una alta mortalidad neonatal. Se trataba de una majada de cría pastoreando campo natural, donde la falta de suplementación mineral era normal, no siendo una excepción en la zona.

Pereira et al. (1988) también citan a los ingenieros agrónomos Noers y Rossi Stajano para hacer referencia a sus trabajos realizados dosificando con yodo en tierras de algunas regiones del país y describen como deficientes en yodo a los departamentos de Salto, Paysandú, Río Negro, Durazno y Cerro Largo.

En Uruguay el bocio humano se presenta en ciertas zonas con carácter endémico.

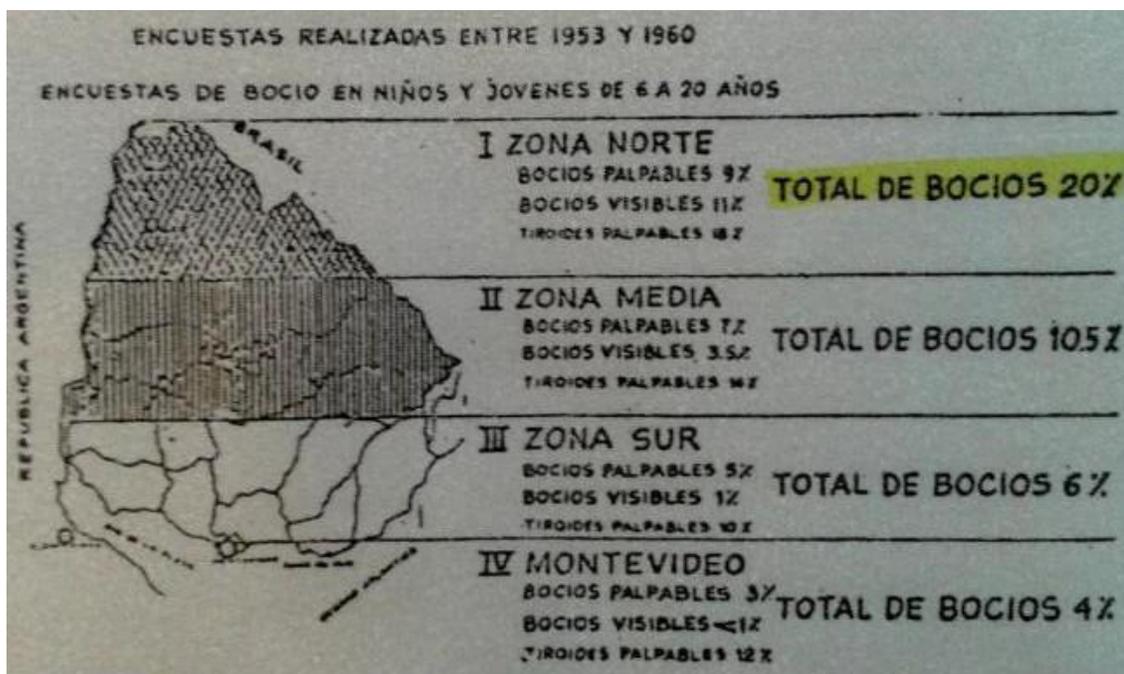


Figura 11. Prevalencia de bocio endémico en humanos en Uruguay

Fuente: tomado de Pereira et al. (1988).

El yodo del mar es volatilizado, por lo que el viento puede llegar a tener gran impacto en dónde sea depositado; esto llevaría a pensar que las zonas próximas al mar presentan menores deficiencias de yodo en comparación con zonas más alejadas (Berger, 2008).

#### 2.8.1.2. Disponibilidad de forraje

El pastoreo en áreas en donde el forraje es bajo en yodo disponible, provoca disminución en la concentración de T4 (Contreras et al., Rijnberk, citados por Matamoros, 2003).

La deficiencia de yodo en ovejas causa bocio en corderos recién nacidos, esto puede ocurrir como consecuencia del bajo consumo de yodo o al efecto bociogénico de algunos alimentos (Grace, 1989). Estos alimentos son los que contienen sustancias que interfieren en la capacidad de la glándula tiroides, de captar yodo para luego transformarlo en sustancias activas, T3 (Clark et al., 1998).

El agrandamiento de la glándula tiroides es un síntoma clínico de deficiencia de yodo, intentando compensar la producción insuficiente de hormonas tiroideas (Berger, 2008). La hipófisis responde con incrementos en la secreción de TSH, induce a una hipertrofia de la tiroides, en un intento por incrementar los niveles de hormonas tiroideas (Underwood, 1971).

El grado con el que es compensada dicha inhibición va a depender de la dosis de sustancias bociogénicas en el alimento, y del nivel de consumo de yodo por el animal (Clark et al., 1998).

Existen dos tipos de bociógenos, los de tipo tiocinato, encontrados en *Trifolium repens*, *Panicum coloratum* y *Paspalum dilatatum*, cuyo mecanismo de acción consiste en la conversión de ácido cianhídrico en tiocinato y este actúa inhibiendo la captación de yodo por parte de la tiroides; y los de tipo glucosinolatos, encontrados en algunas especies del género brassica, colza, mandioca y nabos, que actúan inhibiendo la yodación de los residuos de tiroxina. Además, presentan efecto bociogénico la harina de soja y la harina de algodón (Mufarrege, 2007).

#### 2.8.1.3. Temperatura

La temperatura ambiente, principalmente las temperaturas altas disminuyen la función tiroidea. Premachandra et al. (1958) encontraron que las tasas de secreción de T4 del ganado lechero durante el invierno eran tres veces superiores a las registradas en verano, mientras que Mixner et al. (1962) reportaron que el yodo unido a proteínas y los niveles de T4 eran máximos durante la primavera y mínimos en el verano.

#### 2.8.1.4. Selenio

Forrajes con deficiencias en selenio provocan disminución de las concentraciones de T3 (Corah e Ives 1991, Contreras et al. 2002), pudiendo predisponer a las ovejas a hipotiroidismo (Arthur, 1991).

El selenio es necesario para la síntesis de una proteína requerida para convertir la T4 en T3, la forma metabólicamente más activa. Esta proteína no se encuentra presente en la glándula tiroides, pero es sintetizada en el hígado y el riñón. Por lo que niveles marginales de selenio pueden incrementar los requerimientos de yodo, ya que la tiroides debe sintetizar más T4 para llegar a tener la misma respuesta metabólica (Berger, 2008). Es así como concentraciones de T4 pueden verse incrementadas frente a deficiencias de Se (Donald et al., 1993).

#### 2.8.1.5. Balance energético

Cuando el organismo se ve enfrentado a una situación de balance de energía negativo se produce una disminución de hormonas tiroideas como mecanismo de protección. La severidad del déficit se correlaciona con la intensidad de la disminución de T4 (Vanjonack y Johnson, 1975).

#### 2.8.1.6. Genética

Las características y aptitudes de cada individuo son influenciadas por su constitución genética. La completa expresión de la potencialidad genética sólo es posible cuando la alimentación es adecuada y suficiente, o sea, de acuerdo con las exigencias nutricionales individuales. De lo contrario, una mala alimentación funciona como un factor limitante de producción; aunque el individuo tenga la aptitud genética para producir, es incapaz de expresarla íntegramente (Machado, 2008).

Machado (2008) considera que a medida que los ovinos pasan a presentar mayor tasa de crecimiento, ganancias de peso, mejor conversión alimenticia y mayor rendimiento de carcasa, sus necesidades nutricionales se tornan naturalmente más elevadas. Consecuentemente, teniendo en cuenta la limitada capacidad de consumo de alimento y las particularidades del proceso digestivo, dichas exigencias nutricionales no siempre son atendidas en su totalidad, pudiendo algunos nutrientes tornarse limitantes para la expresión del potencial genético; principalmente cuando son considerados sistemas tradicionales de producción basados exclusivamente en alimentos voluminosos.

#### 2.8.1.7. Sexo

Las hembras y las hembras castradas presentan mayores concentraciones de T4 que los machos y machos castrados, en animales de cualquier edad (Rijnberk y Kooistra, 2010).

#### 2.8.1.8. Edad

Los animales recién nacidos presentan niveles de T4 más altos que los animales adultos, y los animales viejos presentan valores más bajos que los adultos (Rijnberk y Kooistra, 2010).

El mecanismo de secreción del cordero en etapa fetal parece operar con umbrales diferentes comparado con los de un animal adulto, por lo cual podría tener mayores niveles de T4 en sangre comparados a los de su madre (Thorburn y Hopkins, citados por Knights et al., 1979).

#### 2.8.1.9. Categoría animal

La probabilidad de aparición de deficiencias minerales es mayor en las categorías más exigentes tales como hembras a finales de gestación, en lactación y en animales en crecimiento. La suplementación animal debe ser adecuada de acuerdo con la categoría animal; no significa que cuanto mayor sea el consumo mineral del animal, mejor será su desempeño. Una ingesta excesiva de ciertos minerales puede ser perjudicial para la salud causando disturbios nutricionales (Machado, 2004).

#### 2.8.1.10. Nivel de producción láctea y etapa de la lactancia

A mayor producción y al inicio de la lactancia, menor es la concentración sanguínea de T4 (Vanjonack y Johnson, 1975).

La disminución de las hormonas tiroideas al inicio de la lactancia reduciría el metabolismo periférico, permitiendo la utilización de substratos en forma preferencial por el tejido mamario. Esta disminución de la secreción de hormonas por la tiroides se atribuye, en parte, al déficit de yodo que provoca las pérdidas del mineral a través de la glándula mamaria durante la lactancia (Johnson y Vanjonack 1976, Collier et al. 1984, Tveita et al. 1990).

#### 2.8.1.11. Estrés

Las concentraciones basales de las hormonas disminuyen en situaciones de estrés prolongado, y sería también un mecanismo de protección del organismo, del mismo modo como ocurre en un balance de energía negativo (Rijnberk y Kooistra, 2010).

#### 2.8.1.12. Enfermedades

Hay evidencia de que frente a enfermedades haya aumento de la actividad de la deiodinasa, como consecuencia los niveles de T3 disminuyen de dos maneras: se previene la conversión T4 en T3, en lugar de catalizar la conversión T4 en T3 y cataliza la degradación de T3 en 3,3'-T2.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El siguiente trabajo se realizó en la estación experimental de la Facultad de Agronomía (EEFAS), situada a 21,5 km de la ciudad de Salto sobre la ruta 31 (-31.398848,-57.708223). El predio abarca unas 1019 hectáreas, en las cuales se desarrollan diferentes rubros, ganadería, agricultura, lechería, citricultura y horticultura.

El área experimental se encuentra sobre la unidad Itapebí-tres árboles, en el potrero 37, el cual se ve comprendido en su totalidad por el tipo 1.10b, caracterizado por poseer suelos superficiales y manchones sin suelos, donde afloran rocas basálticas; el resto son suelos de profundidad moderada. Los suelos dominantes son litosoles sub-eutricos (a veces eutricos) melánicos, ródicos (litosoles pardo rojizos), textura franco limosa a franco arcillosa, con gravillas de basalto en todo el perfil y bien drenados (anexo 1).

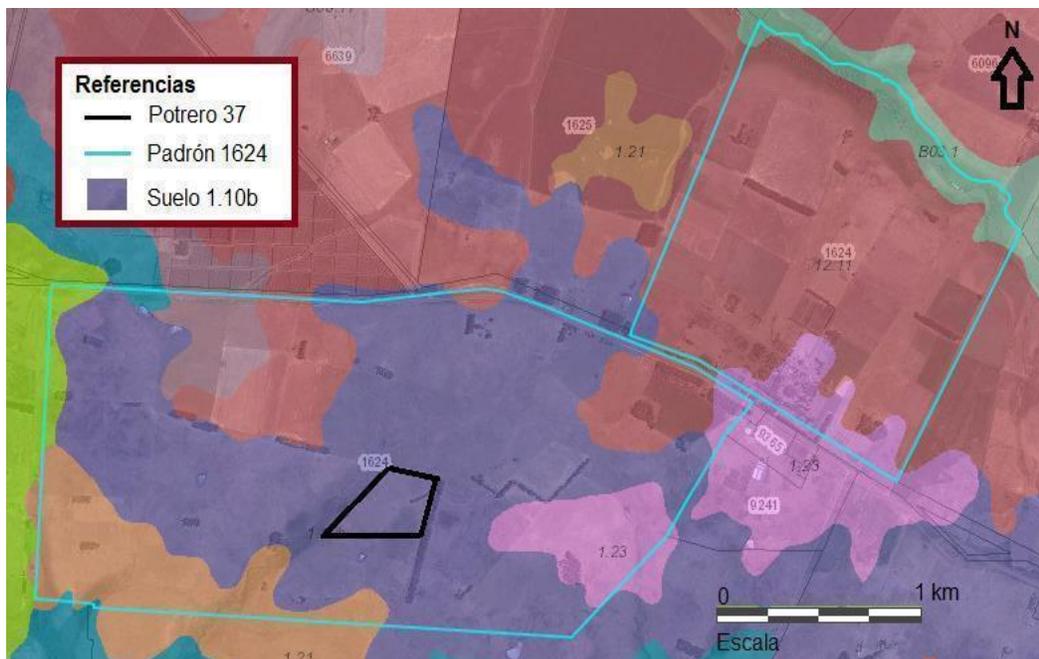


Figura 12. Foto aérea del padrón y ubicación del potrero

Fuente: adaptado de Google Earth (2017).

El potrero en donde se desarrolló el ensayo tiene un área de 19 hectáreas, presenta buena sombra y disponibilidad de agua sobre campo natural. Se instaló un refugio para la época de pariciones, para que los animales pudieran resguardarse frente a la adversidad del clima. También se colocó un bebedero, debido a que el acceso al agua (natural) del potrero no era bueno, de esta manera se facilitó la disponibilidad de la misma por parte de los animales.

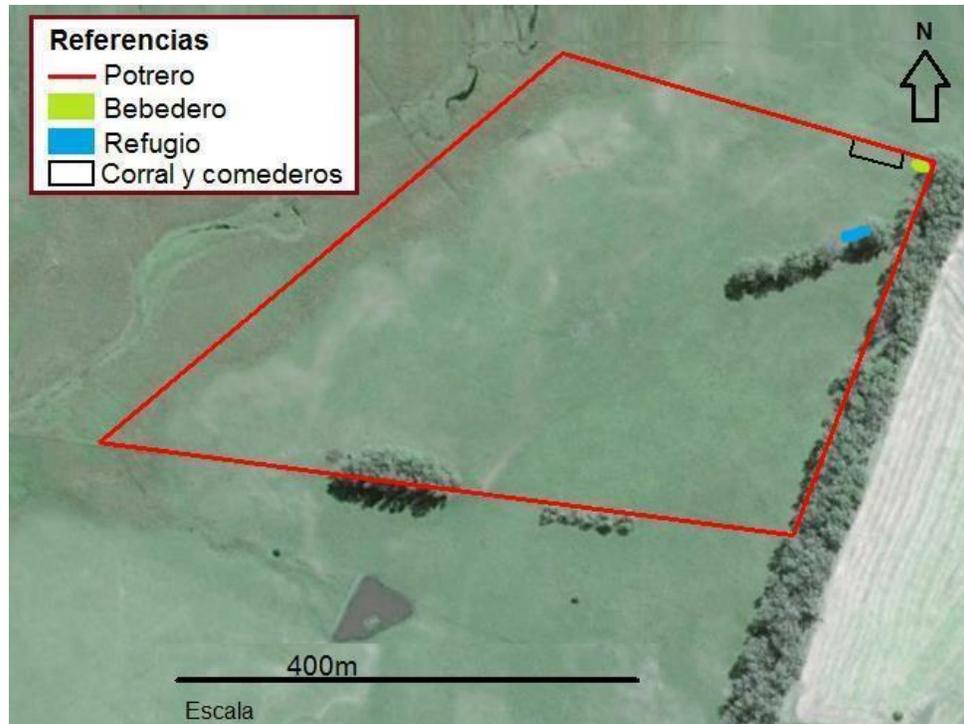


Figura 13. Foto aérea del potrero del experimento e instalaciones

Fuente: adaptado de Google Earth (2017).

### 3.1.1. Condiciones climáticas

Se tomaron como referencia los datos proporcionados por la estación agrometeorológica de Salto (Estación Experimental San Antonio, Facultad de Agronomía) para la caracterización de las condiciones climáticas. A continuación, en el cuadro 5 se detalla medias mensuales de las normales climatológicas entre el periodo 1961-1990 de precipitaciones (RR), temperaturas (TMED) y humedad relativa (HR), y el cuadro 6, el cual muestra la información de las mismas variables para el año 2017

Cuadro 5. Medias mensuales de TMED, RR y HR entre el periodo 1961-1990 (normales climatológicas)

	TMED (°C)	RR (mm)	HR (%)
ENERO	25,0	116	63
FEBRERO	23,9	132	68
MARZO	21,6	153	72
ABRIL	18,1	125	75
MAYO	15,0	99	78
JUNIO	11,7	81	80
JULIO	12,0	73	78
AGOSTO	13,2	70	74
SETIEMBRE	14,9	107	72
OCTUBRE	18,0	118	69
NOVIEMBRE	20,7	129	67
DICIEMBRE	23,5	119	64

Fuente: Saravia<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Saravia, C. 2020. Com. personal.

Cuadro 6. Medias mensuales de TMED, RR y HR del año 2017

	TMED (°C)	RR (mm)	HR (%)
ENERO	24,9	126,2	73
FEBRERO	25,3	175,5	78
MARZO	22,8	149,7	75
ABRIL	18,7	203,6	75
MAYO	16,4	309,0	87
JUNIO	14,0	40,6	83
JULIO	15,7	37,3	76
AGOSTO	15,3	221,0	78
SETIEMBRE	17,7	224,9	82
OCTUBRE	18,4	208,4	74
NOVIEMBRE	21,0	72,3	65
DICIEMBRE	25,7	80,2	65
TOTAL		1848,7	

Fuente: Saravia<sup>2</sup>

Según los datos proporcionados, el año en que se realizó el estudio, presentó un mayor acumulado de precipitaciones, y temperaturas levemente mayores sobre la media histórica, pudiendo traer consigo problemas en la majada, tanto podales, parasitarios o en lana.

### 3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

#### 3.2.1. Animales

Se utilizaron 53 ovejas de la raza Merino australiano en buenas condiciones sanitarias, las mismas presentaban al inicio del ensayo una condición corporal en torno al 2,5, en una escala que se extiende de 1 a 5 (Jefferies, 1961), y un peso vivo promedio de 40 kg.

#### 3.2.2. Manejo animal

Las ovejas fueron sincronizadas previamente con esponjas con progesterona para concentrar celos, luego se realizó inseminación artificial intrauterina el 21 de marzo de 2017, posteriormente, desde el 4 de mayo al 30 del mismo mes, se realizó un repaso con carneros.

Para obtener datos de preñez, se realizó ecografía el día 7 de junio, obteniendo datos de ovejas falladas, ovejas con preñez única y con mellizos.

Con los datos de la ecografía, la edad y la procedencia (provenían de distintos orígenes) de las ovejas, se realizó una estratificación para armar de forma homogénea los tres grupos en estudio, los cuales estaban formados por 17 (campo natural), 17 (suplementación sin yodo) y 19 (suplementación con yodo) individuos.

Al momento de ingresar al potrero se identificó con números individuales a la majada, y la misma se comenzó a suplementar de manera individual luego del aparte que se realizaba diariamente en horas de la mañana, con afrechillo de arroz (75%) y pellets de cáscara de soja (25%), al cual se le suma el suministro de sal mineral (30 g), presentando la siguiente fórmula: zinc 1600 ppm, magnesio 2800 ppm, cobre 975 ppm, azufre 734 ppm, manganeso 358 ppm, cobalto 42 ppm y potasio 15 ppm.

Los primeros días, fueron de modo acostumbamiento, suministrándose 150 g de ración por animal por día, aumentando semanalmente de a 75 g hasta llegar al valor final en el que se mantendrían con 300 g diarios. Vale destacar que en ningún caso se observó rechazo del alimento por parte de los animales.

### 3.2.3. Desarrollo del ensayo

Las ovejas fueron distribuidas como se mencionó anteriormente, siendo cada individuo registrado con su número correspondiente en el costillar, los cuales fueron desde el 1 al 53.

Los tratamientos eran tres, los cuales se detallan a continuación:

- T1 (testigo): grupo conformado por 17 ovejas, alimentadas sobre campo natural, con suplementación de afrechillo de arroz y cáscara de soja. Las mismas identificadas con pintura roja en la nuca.

- T2 (con yodo): grupo conformado por 19 ovejas, alimentadas sobre campo natural, las que se suplementaron con ración y sal mineral con yodo. Identificadas con caravana negra y pintura azul en la nuca.

- T3 (sin yodo): grupo conformado por 17 ovejas, alimentadas sobre campo natural y suplementadas con ración y sal mineral sin yodo. Identificadas con caravanas rojas y pintura azul en el anca.

El día 26 de agosto ingresaron los animales al potrero 37, el cual presenta una superficie de 31 ha con un índice de CONEAT promedio de 30. Del total de la superficie, solo 19 ha fueron verdaderamente pastoreadas, debido a la topografía del potrero lo cual impedía el pasaje de los animales al resto de la zona, por lo tanto, se toma únicamente como área en donde se desarrolla el ensayo las 19 ha de pastoreo.

Al comienzo el potrero presentaba una disponibilidad de 3400 kg MS/ha y se manejó con una carga de 0.46 UG/ha. Al final del ensayo el potrero presentaba una disponibilidad de 2732 Kg MS/ha y con una carga de 0.46 UG/ha.

#### 3.2.4. Suplementación mineral

La suplementación fue realizada por 50 días, comenzó el día 2 de setiembre de 2017 y finalizó el 20 de octubre de 2017. Se suplementó con una sal comercial, cobalfosal de barraca Deambrosi S.A. y su composición se detalla en el anexo 1. Para el tratamiento suplementación sin yodo se utilizó la misma sal, pero sin yodo.

Cada animal consumía diariamente 30 gramos de sal según su tratamiento. Debido al programa de suplementación, el cual establecía dejar de suministrar sales minerales a las ovejas paridas (las cuales se apartaban previamente al ingreso de los animales al corral), no todas recibieron la misma cantidad de sal, ya que los partos se concentraron en diferentes fechas, a consecuencia de la inseminación y el repaso posterior, esto quiere decir que animales con fechas más tempranas de parición, recibieron una menor ingesta de sal mineral.

#### 3.2.5. Construcción de corrales y boxes de alimentación individual

Antes de la entrada de los animales al potrero, se realizó la construcción de un corral, en el cual se realizaba el aparte diario para la suplementación y se suministraba el alimento a las ovejas de campo natural.

También se realizaron 36 boxes con 30 cm de ataque frontal, para la alimentación individual de los animales, en los cuales ingresaba solo una oveja, con motivo de conocer su dieta exacta. Los boxes estaban separados por tratamiento, con yodo y sin yodo.

Tal como se ilustra en la figura 14, los animales tenían libre acceso a agua, luego de ingerir la dieta.

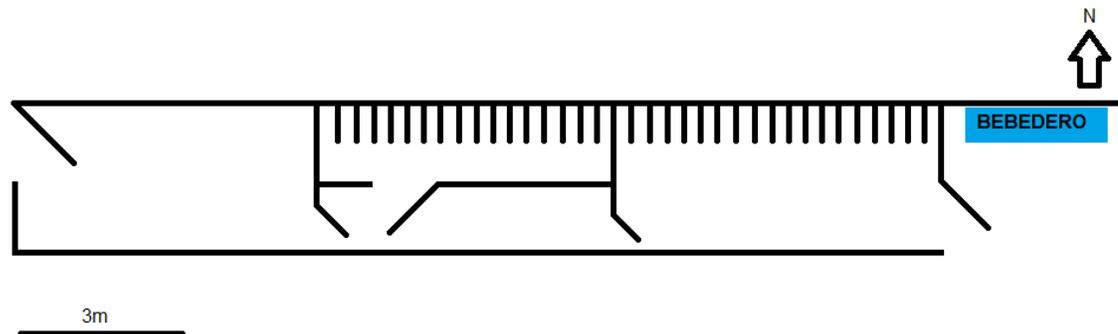


Figura 14. Croquis de corrales y boxes de alimentación

### 3.2.6. Construcción de refugios

Con el objetivo de disminuir la mortandad de corderos se construyó un refugio previo al periodo de pariciones, con el fin de resguardar a los animales frente a las inclemencias del tiempo. En el cual tenían prioridad de uso las ovejas melliceras y los corderos “sentidos”. Cada corral contaba con agua y comida a disposición de la oveja (ración y fardo de alfalfa) y cama de paja de trigo, la que se cambiaba según la higiene de la misma, para evitar concentración de mosca y miasis. A continuación, se ilustra las dimensiones de los mismos.

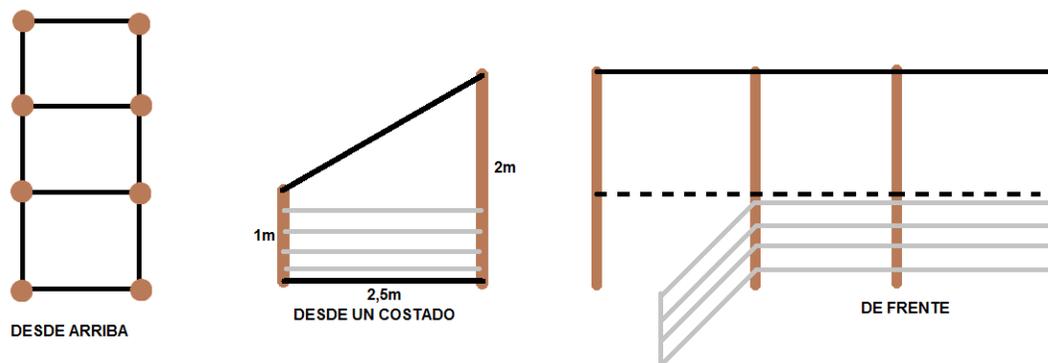


Figura 15. Croquis del refugio

### 3.2.7. Control de pariciones

Se realizaron tres recorridas diariamente, un temprano a la mañana cuando se traían las ovejas preñadas para los corrales, otra al medio día, y otra

a última hora de la tarde. Los corderos recién paridos eran registrados, se le colocaba un collar numerado, se le tomaba su peso y curaba el ombligo. Si se preveían lluvias o días fríos, los corderos eran trasladados al refugio para así tener mayor control sobre ellos y evitar hipotermia. En el anexo 2 se muestra la planilla utilizada, en la que figura número de caravana de cada cordero, la fecha de nacimiento, el sexo y tipo de nacimiento (único o mellizo).

De acuerdo a la información obtenida por las ecografías y el conocimiento de las fechas de IATF, se podía tener un mayor conocimiento sobre los animales que estaban próximos a parir y prestar mayor cuidado a ovejas melliceras y/o de bajo estado corporal.

### 3.2.8. Extracción de sangre y procedimiento

Se realizó muestreo de sangre a 10 animales por lote. Se les extrajo sangre antes de comenzar con la suplementación (01/09/2017) y al finalizar las pariciones (20/10/2017) a los mismos animales designados por tratamiento. El procedimiento consiste en la extracción de sangre de la yugular, por venipunción, repitiendo la extracción cada media hora, tres repeticiones por individuo. Cada extracción se colocaba en tubo de ensayo de 10 ml, identificado por el número de oveja, tratamiento y número de repetición. Luego esas muestras se llevaron a laboratorio y fueron centrifugadas a 2500 RPM por cinco minutos. Luego el suero se depositó en tubos eppendorf los que fueron colocados en un freezer a -20°C para su posterior análisis.

### 3.2.9. Muestreo forrajero

La biomasa de forraje fue estimada a través del método de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975), el cual consiste en asignar en el potrero una escala creciente de menor a mayor disponibilidad (desde 1 a 5), en este ensayo se utilizó hasta la cuarta escala. Se toman unas pocas submuestras (destrutivo), en este caso se utilizaron 4 escalas y se tomaron 3 muestras por escala como referencia. Luego se pasó a realizar un muestreo al azar, utilizando un cuadro de varilla de 0,3 m de lado (al igual que el método destructivo) y estimación visual comparativa con las escalas. Las submuestras se llevaron a estufa se secado de aire forzado a 60 °C y posteriormente se determinó peso seco y cantidad de biomasa presente (kg ms/ha).

Dentro de cada marco, se tomó una altura promedio por escala en donde se encontraba la mayor disponibilidad de biomasa. Se obtuvieron 12 lecturas en total.

Se realizaron dos determinaciones de biomasa de forraje y altura, en promedio a los 30 días previos al parto y el día de parición.

#### 3.2.10. Condición corporal, peso de corderos y muestreo de lana

Al inicio del proyecto, se determinó en las ovejas su condición corporal (utilizando la escala de Jefferies, 1961), la cual también se tomó en cuenta para la estratificación de los lotes. Se pesaron los corderos al nacimiento y a la señalada. Al momento de la esquila se registró el peso del vellón sucio del animal y se sacó una muestra de vellón de 400 g por animal, para su posterior análisis, de los cuales 200 g fueron enviados al laboratorio del SUL y la otra parte se utilizó para análisis mineral. En Laboratorio del SUL se determinó rendimiento al lavado (en porcentaje), diámetro promedio (en micras), coeficiente de variación del diámetro (en porcentaje), factor de confort (porcentaje de fibras superiores a 30 micras), largo de mecha (en cm), color en ejes tristímulus X-Y-Z con grado de luminosidad (y) y grado de amarillamiento (Y-Z).

#### 3.2.11. Análisis de forraje y lana

- Forraje: se tomaron muestras de forraje las cuales fueron secadas a 50°C durante 48 horas, posteriormente se molió la muestra y se tomó un gramo para colocarlo en horno de mufla a 550°C y así obtener las cenizas para el análisis de los minerales.

- Lana: se lavó previamente, luego se realizó el secado a 50°C, una vez picada la muestra se tomaron 2 gramos para llevarlo al horno de mufla y obtener las cenizas para obtener la composición mineral.

#### 3.2.12. Metodología analítica

Las muestras de forraje, lana y sangre fueron enviadas al Laboratorio de tecnología de los alimentos y calidad de producto de Facultad de Agronomía, en donde fueron preparadas y se midió el yodo con la técnica de cromatografía de intercambio iónico (dionex integrion HPIC system, thermo fisher scientific, USA), según la descripción de Blazewicz et al. (2014).

### 3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- Para las variables peso vivo al nacer, peso vivo al destete y ganancia diaria entre nacimiento y señalada el modelo estadístico utilizado fue el de ANOVA en DBCA y separación de medias según LSD Fisher, al 5% de significancia. Medido mediante el paquete estadístico INFOSTAT. Se consideró a la carga fetal, la procedencia y la edad de la madre como bloque.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + (B \cdot T) + e_{ij}$$

Cada observación  $Y_{ij} = \mu$ : efecto de la media general.  $T_i$ : efecto de  $i$ -ésimo tratamiento  $i = 1, 2, 3$ ,  $B_j$ : efecto del  $j$ -ésimo bloque  $j = 1, 2, 3$ ,  $(B \cdot T)$ : interacción bloque – tratamiento,  $e$ : error del  $i$ -ésimo tratamiento en el  $j$ -ésimo bloque.

- En las variables yodo en suero, yodo en lana y parámetros de producción y calidad de lana se utilizó el análisis de la varianza. Diferencias entre medias se detectaron utilizando una prueba de Tuckey-Kramer con una significancia del 5%.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS DE LA PASTURA

En cuanto al yodo las concentraciones del mismo en la pastura podrían ser subóptimas (0.50–0.60 ppm), treinta días pre parto, cuando según NRC (2007) los niveles críticos serían de entre 0.5- 0.8 ppm para gestación y lactancia.

A continuación, se presenta el cuadro con los datos obtenidos del análisis de las pasturas donde se realizó el trabajo.

Cuadro 7. Biomasa disponible, altura de la pastura y contenido de yodo (Y) de campo natural en dos momentos

Escala (*)	Días previo al parto					
	30			0		
	Biomasa disponible (kg MS/ha)	Altura de la pastura (cm)	Y (mg/kg MS/)	Biomasa disponible (kg MS/ha)	Altura de la pastura (cm)	Y (mg/kg MS)
1	380	4,5	0,60 ± 0,10	242	3,0	0,60 ± 0,13
2	2122	8,4	0,56 ± 0,12	2745	8,0	0,60 ± 0,09
3	3133	18,3	0,58 ± 0,10	3282	17,7	0,58 ± 0,10
4	4867	23,0	0,50 ± 0,11	6808	26,0	0,56 ± 0,11

(\*): valor de la escala en la técnica de muestreo por "rendimientos comparativos" (Haydock y Shaw, 1975).

Los resultados de yodo se expresan como el promedio ± CV de tres muestras. Como se puede observar en el cuadro presentado anteriormente la concentración de yodo en la pastura no cambió en cuanto al tiempo.

Por otra parte, la concentración del yodo en ambos casos podría estar en el límite para cubrir los requerimientos para esta categoría animal en

particular, por lo tanto, no se descartaría una suplementación mineral en esta situación.

Lo que sí podría ponerse en discusión es la variabilidad de los suelos encontrados dentro de la región Noreste (región basáltica, Pigurina et al., 1998), por lo tanto, cada zona podría generar un microclima con sus características ya sea pH, especies botánicas predominantes diferentes que podrían dar esta variabilidad que posteriormente se va a ver traducida en distintas concentraciones de minerales (Sivertsen et al., 2014).

#### 4.2. CONCENTRACIÓN DE YODO EN SUERO DE OVEJAS MERINO GESTANTE

Cuadro 8. Concentración de yodo en suero de ovejas Merino en gestación

Tratamiento	Yodo en suero ( $\mu\text{g/l}$ )			
	Días pre parto			
	30	EE	0	EE
Campo natural	208.2	16,6	149,5	15,9
Con yodo	196.6	36,4	174,8	19,9
Sin yodo	198.9	20,8	163,2	26,8

$P > 0,05$  (ANOVA).

EE: error estándar de la media

Como se puede observar en el cuadro cuando se comenzó con la suplementación en el día 30 preparto, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos con diferentes dietas, lo que era de esperar ya que todas las ovejas utilizadas para el estudio se encontraban pastoreando en el mismo potrero con igual manejo nutricional y sanitario.

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en el día 0, aunque cabe destacar que existe una pronunciada disminución en la concentración de yodo en sangre entre el día 0 en comparación con el día 30 preparto, o sea al arranque del experimento, lo que podría estar asociado con el momento del año en el que se realizó el experimento, ya que la primavera sería

la época en que el yodo se encuentra menos disponible para el ovino (Judson et al., 2011).

Esta caída también coincidió con el parto, lo que podría haber sido causado debido a la alta demanda por parte del feto a corto plazo o quizás por los cambios en las reservas de yodo para adaptarse al inicio de la lactancia (el yodo atraviesa fácilmente la glándula mamaria). El calostro de las vacas contiene niveles de yodo muy superiores a los encontrados en leche a finales de la lactación. Kirchgessner, citado por Underwood (1971) reporta valores de  $264 \pm 100 \mu\text{g/l}$  en el calostro comprado con  $98 \pm 82 \mu\text{g/l}$  en leche.

#### 4.3. PESO VIVO AL NACIMIENTO Y AL DESTETE DE LOS CORDEROS

Los valores presentados en el cuadro 9 corresponden al promedio de los pesos de los corderos al nacimiento, por tratamiento. Se observa que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Tomando como referencia el trabajo realizado por Clark et al. (1998) que refleja que la suplementación en ovejas post encarnerada no presenta diferencias significativas en peso al nacer, lo que se corrobora con los resultados encontrados en este trabajo. Ambos trabajos son realizados sobre ovejas de cría pre parto con administración de yodo, en el caso del experimento de Clark fue realizado sobre la raza Romney marsh.

Cuadro 9. Peso vivo promedio de corderos al nacer, hijos de madres correspondientes a cada tratamiento

Tratamiento	n	Peso al nacer (kg)	EE
Testigo	18	4,16	0,18
Con yodo	15	4,13	0,20
Sin yodo	13	3,94	0,21

$p > 0,05$  (ANOVA).

Los pesos al nacimiento se encuentran dentro de lo esperado para la raza y la categoría según Montossi et al. (2008). Observando estos resultados y comparándolos con los datos aportados por el proyecto de Merino fino en Uruguay, los valores de este trabajo muestran que los pesos estarían dentro de lo esperado para un tipo de parto único, ya que solamente el 30 % de los corderos fueron mellizos.

Según Fernández Abella (1985) el peso al nacer tiene una marcada influencia sobre la supervivencia del cordero, las causas son entre otras: pocas reservas corporales, menor relación peso vivo-superficie corporal. Demostró en razas Corriedale, Merino australiano y Polwarth (3/4 sangre Merino), que a medida que se incrementa el peso al nacer decrece la mortalidad hasta alcanzar un mínimo (peso óptimo).

Cuadro 10. Peso vivo promedio de corderos al destete, hijos de madres correspondientes a cada tratamiento

Tratamiento	N	Peso al destete (kg)	EE
Testigo	16	16,02	0,18
Con yodo	13	16,18	0,17
Sin yodo	13	15,07	0,19

$p > 0,05$  (ANOVA).

En lo que refiere al peso al destete no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, esto indica que en el caso de los corderos evaluados el peso sería muy similar al promedio de la raza, esto podría ser explicado por una buena calidad de la pastura en donde se encontraban pastoreando las ovejas, produciendo la suficiente calidad y cantidad de leche para lograr cubrir los requerimientos de los corderos.

#### 4.3.1. Ganancias diarias

En cuanto a las ganancias diarias se evaluó esta variable desde el nacimiento de los corderos hasta la señalada, no observándose diferencias significativas entre los tratamientos.

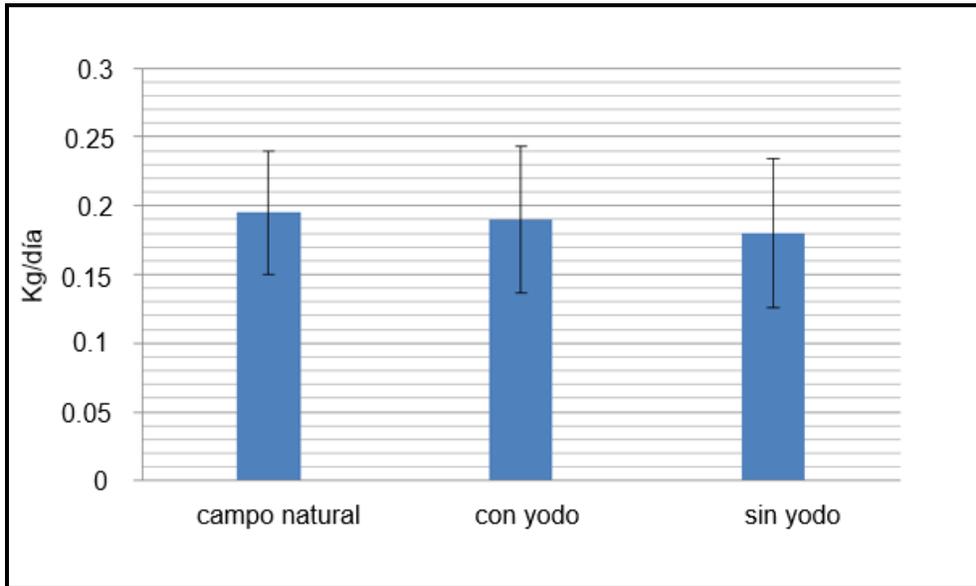


Figura 16. Ganancias diarias a la señalada

Con respecto a los valores observados en la figura y en comparación con los datos aportados por Bianchi et al. (2013) los corderos de ambos ensayos presentaron las mismas ganancias diarias.

Estos resultados pueden deberse a que normalmente la producción de leche en la oveja se incrementa hasta la 3ra o 4ta semana post-parto, alcanzando en ese momento lo que se conoce como el pico de lactación, luego decae a tal punto de producir una tercera parte del total (Burris y Baugus, 1955); por lo tanto, este efecto podría explicar las ganancias hasta la señalada.

#### 4.4. PRODUCCIÓN DE LANA

##### 4.4.1. Peso de vellón sucio

Cuadro 11. Peso de vellón sucio

Tratamiento	n	Peso vellón sucio
Testigo	13	1,60 +/- 0,09
Con yodo	9	1,76 +/- 0,10
Sin yodo	9	1,61 +/- 0,10

$p > 0,05$ .

Los datos mostrados en el cuadro indican que las diferencias no son significativas, si bien existe una tendencia al agregado de sal y un leve aumento con la inclusión de yodo. Esto podría deberse a un corto periodo de suplementación, o no haber suministrado la concentración correcta de yodo.

##### 4.4.2. Características de la fibra

A continuación, se muestra un cuadro comparando entre los tratamientos del ensayo, el peso limpio del primer vellón al año y las características de la fibra de lana.

Cuadro 12. Peso de primero vellón al año y características de la fibra de la lana

Tratamiento	Testigo	Con yodo	Sin yodo
Peso vellón limpio (kg)	1,28 ± 0,06	1,43 ± 0,10	1,31 ± 0,10
DMF (μ)	15,25 ± 0,34	14,36 ± 0,40	14,37 ± 0,25
CVdf (%)	20,85 ± 0,76	20,54 ± 0,76	19,92 ± 1,15
Largo de fibra (cm)	7,46 ± 0,26	7,61 ± 0,41	7,00 ± 0,33
Factor de confort (fib>30 m) (%)	0,31 ± 0,26	0,30 ± 0,10	0,21 ± 0,05
Y= luminosidad	69,20 ± 0,45	69,76 ± 0,77	69,87 ± 0,53
Y-Z= °de amarillamiento	0,02 ± 0,54	-0,30 ± 0,54	-0,26 ± 0,54

DMF= diámetro promedio de la fibra; CVdf = coeficiente de variación del diámetro de la fibra. Valores promedio Data ± CV. No diferencias significativas (p>0.05).

Tanto el peso del vellón limpio como las características de la fibra no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Lo primero que se puede observar en el diámetro de la fibra es que según las cuatro categorías que establece Nolan (2014), los tres tratamientos se sitúan en el rango de las lanas ultrafinas (menor a 16.5 micras).

Si se toma como referencia el experimento de Kelly et al. (2006), los resultados obtenidos fueron acorde a lo esperado, donde la suplementación preparto con yodo en ovejas preñadas no presenta efectos significativos en el diámetro de lana de los corderos.

Por otro lado, si bien no hay diferencias significativas se observa que hay casi una micra menos en los tratamientos con suplementación, lo que no sería nada despreciable debido a que el precio final de la lana está regido en un 70% por el diámetro de la misma. Posiblemente otro mineral haya sido el causante de la disminución del diámetro de fibra, debido a que dicha disminución se observó en los tratamientos con suplementación con y sin yodo.

Como no existe diferencia en el color (amarillamiento) entre los tratamientos, según los rangos considerados por la IWTO-56 (2013) este estudio se sitúa en el color blanco en los tres casos (entre 0 y -2). Si bien la suplementación mineral da valores negativos en esta característica, no llega al rango de color muy blanco (-2).

Otra característica importante para la industria es el largo de mecha, en la cual existe un aumento hacia el tratamiento con yodo, no siendo considerable estadísticamente, los mismos se agrupan dentro del rango considerado por

Nolan (2014), que abarca valores entre 70 y 90 mm, según el estudio de cinco zafras laneras en Australia (2008- 2013). En este trabajo se incluyeron como variables las propiedades textiles y también las de mercado, indicando que el diámetro de la fibra es la variable más importante y la que explica el 64 % en la variación del precio de la lana vellón (Nolan, 2014). Dentro de las propiedades textiles de la fibra, otras variables que influyeron significativamente en la variación de precio fueron la resistencia y largo de mecha, el contenido vegetal y el estilo.

#### 4.4.3. Concentración de yodo en lana de los corderos

Cuadro 13. Concentración de yodo en lana de los corderos

Tratamiento	Yodo en lana ( $\mu\text{g}/\text{kgDM}$ )
Campo natural	16,0 $\pm$ 0,03 B
Con yodo	20,4 $\pm$ 0,02 A
Sin yodo	24,0 $\pm$ 0,02 A

\*Medias seguidas de letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

En la concentración de yodo en lana de los corderos se observaron diferencias significativas entre el testigo y los otros dos tratamientos, lo que muestra que, si hay un efecto, pero éste no es necesariamente por el yodo, ya que entre los tratamientos con suplementación mineral con o sin yodo no se encontraron diferencias significativas, lo que llevaría a pensar que podrían estar interactuando otros nutrientes que no fueron tomados en cuenta en este experimento.

## 5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en las que se realizó el presente trabajo no se logró obtener diferencias significativas de ninguna de las variables analizadas a excepción del yodo en lana de los corderos.

El hecho de que los resultados obtenidos no lleguen a explicarse con exactitud pudo estar dado por tratarse de un experimento a campo donde los niveles de yodo de la pastura se encontraban en una zona de suficiencia y además influyeron otras variables como efectos climáticos, nutrición previa, etc.

Si bien no hubo diferencia significativa cabe destacar que con la suplementación mineral se observó una disminución en el diámetro de la fibra lo que se podría llegar a evaluar con un análisis económico si sería justificable suplementar. Como también el hecho de la suplementación en el último tercio de gestación no afectó el peso de nacimiento de los corderos, algo de relevancia a la hora del parto de la oveja.

Es necesario continuar con los estudios sobre el efecto de la suplementación con yodo, y para esto sería fundamental mantener condiciones controladas donde todos los requerimientos nutricionales de los animales sean cubiertos, a excepción el yodo para así poder evaluarlo de manera más exacta, a su vez también podría evaluarse un mayor periodo de suplementación, como por ejemplo toda la preñez.

## 6. RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la respuesta a la suplementación mineral con yodo de la oveja de cría en el último tercio de la gestación sobre el desempeño productivo de los corderos. Para esto se pusieron en comparación tres tratamientos con diferentes tipos de suplementación (T1, testigo; T2, 30 g/animal/día de sal con yodo; y T3, 30 g/animal/día de sal sin yodo) sobre campo natural a 53 ovejas Merino australiano durante 50 días. No se observaron diferencias significativas tanto en el peso al nacimiento como en el peso al destete y la ganancia diaria de los corderos. En cuanto a producción de lana lo que vario significativamente fue la concentración de yodo de los dos tratamientos con respecto al testigo. Los otros componentes analizados no se vieron afectados en este experimento.

Palabras clave: Suplementación mineral; Merino australiano; Corderos.

## 7. SUMMARY

The objective of this study was to establish the response of mineral supplements to the ewes in the last third of the gestational period, and later the results in the productive performance of the lambs. For this experiment, three different treatments were supplied to the ewes; T1 (treatment 1 or control group); T2 30 g/animal/day iodized mineral salt and T3 30 g/animal/day of mineral salt without iodine. 53 Australian merino ewes were confined to natural grassland over the course of 50 days. No significant changes were observed, in terms of weight at the moment of lambing or at moment of weaning as well as the average daily gain of the lambs. In terms of wool production, the only thing that differed significantly was the iodine concentration of the two treatments contrary to the control group. The other analyzed components were not affected by this experiment.

Keywords: Mineral supplements; Australian merino; Lambs.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Adelson, D. L.; Hollis, D.; Brown, G. 2002. Wool fibre diameter and follicle density are not specified simultaneously during wool follicle initiation. *Australian Journal of Agricultural Research*. 53:1003-1009.
2. Arthur, J. R. 1991. The role of selenium in thyroid hormone metabolism. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 69 (11):1648-1652.
3. Barker, D. 1995. The fetal and infant origins of disease. *European Journal of Clinical Investigation*. no. 25:457-463.
4. Barrán, J. P.; Nahum, B. 1967. Historia rural del Uruguay moderno 1851-1885. La reconstrucción del país rural y el triunfo del ovino. (en línea). Montevideo, EBO. 648 p. Consultado mar. 2018. Disponible en <http://bibliotecadigital.bibna.gub.uy:8080/jspui/handle/123456789/1059>
5. Berger, L. L. 2008. Iodine deficiency in sheep. *Salt and Trace Minerals*. 40 (3):1-3.
6. Berretta, E. J.; San Julian, R.; Montossi, F.; Silva, J. A. 1994. Pasturas naturales y producción ovina en la región de Basalto en Uruguay. In: Congreso Mundial de Merino (4º., 1994, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, SUL. pp. 259-270.
7. \_\_\_\_\_. 1998. Contenido de minerales en pasturas naturales sobre Basalto: especies nativas. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 99-111 (Serie Técnica no. 102).
8. Bianchi, G.; Garibotto, G.; Menchaca, A.; Bentancur, O. 2013. Evaluación de la raza Finnish Landrace utilizando ovejas Merino australiano y carneros Poll Dorset. Montevideo, INIA. 40 p. (FPTA no. 52).
9. Black, J. R. 1987. Mechanisms controlling the rate of growth, composition and morphology of wool in Merino improvement programs in

Australia. In: National Symposium NSW (1987, Leura, Australia). Proceedings. Melbourne, Australian Wool Corporation. pp. 189-206.

10. Błazewicz, A.; Klatka, M.; Dolliver, W.; Kocjan, R. 2014. Determination of total iodine in serum and urine samples by ion chromatography with pulsed amperometric detection studies on analyte loss, optimization of sample preparation procedures, and validation of analytical method. *Journal of Chromatography. B, Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*. 962:141-146.
11. Bonino, E.; Condon, R. 2003. Correlaciones fenotípicas entre la población folicular pilosa y características de la lana. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 90 p.
12. Brandan, N. C.; Llanos, I. C.; Rodríguez, A. N.; Ruiz Díaz, D. A. N. 2014. Hormonas tiroideas. (en línea). Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Medicina. 15 p. Consultado 15 feb. 2020. Disponible en <https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/Carrera-Medicina/BIOQUIMICA/tiroideas.pdf>
13. Burris, M. J.; Baugus, C. A. 1955. Milk consumption and growth of suckling lambs. *Journal of Animal Science*. 14(1):186-191.
14. Carter, H. B.; Clarke, W. H. 1957. Hair follicle group and skin follicle population of Australian Merino sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*. 8 (1):91-108.
15. Chapman, R. E.; Ward, K. A. 1979. Histological and biochemical features of the wool fibre and follicle. In: Conference Physiological and Environmental Limitations to Wool Growth (1<sup>st</sup>, 1979, Leura, NSW). Proceedings. Armidale, New England, University of New England. pp. 193-208.
16. Clark, R. G.; Sargison, N. D.; West, D. M.; Littlejohn, R. P. 1998. Recent information on iodine deficiency in New Zealand sheep flocks. *New Zealand Veterinary Journal*. 46 (6):216-222.
17. Collier, R. J.; McNamara, J. P.; Wallace, C. R.; Dehoff, M. H. 1984. A review of endocrine regulation of metabolism during lactation. *Journal of Animal Science*. 59 (2):498-510.

18. Contreras, P. A.; Matamoros, R.; Monroy, R.; Kruze, J.; Leyan, V.; Andaur, M.; Böhmwald, H.; Wittwer, F. 2002. Effect of selenium deficient diet on blood values of T3 and T4. *Comparative Clinical Pathology*. 11:65-70.
19. Corah, L. R.; Ives, S. 1991. The effects of essential trace minerals on reproduction in beef cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 7:41-57.
20. Corbett, J. L. 1979. Variation in wool growth with physiological state. In: Black, J. L.; Reis, P. J. eds. *Physiological and environmental limitations to wool growth*. Armidale, University of New England. pp. 79-98.
21. Costa, R.; Jacinto, M.; Camacho, M.; Medeiros, A.; Olivera, R.; Rey, S. 2006. Aspectos estructurales de la piel ovina y su resistencia. *Producción ovina de lana*. (en línea). Río Cuarto, Córdoba, Sitio Argentino de Producción Animal. pp. 24-29. Consultado 9 jul. 2017. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina/14-piel.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina/14-piel.pdf)
22. Cunningham, J. G. 1999. *Fisiología veterinaria*. 2ª. ed. Ciudad de México, Interamericana. pp. 458-464.
23. De Gea, S. G. 2007. El ganado lanar en la Argentina. *Producción ovina de lana*. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. pp. 38-67. Consultado sep. 2017. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina/000-ganado\\_lanar\\_en\\_argentina\\_libro/000-el\\_ganado\\_lanar\\_en\\_la\\_argentina.htm](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina/000-ganado_lanar_en_argentina_libro/000-el_ganado_lanar_en_la_argentina.htm)
24. Donald, G. E.; Langlands, J. P.; Bowles, J. E.; Smith, A. J. 1993. Effects of selenium, iodine, and thiocyanate supplementation of grazing ewes on their selenium and iodine status, and on the status and growth of their lambs. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 33 (4):411-416.
25. Durán, A. 1985. *Los suelos del Uruguay*. Montevideo, Hemisferio Sur. 398 p.

26. Elvira, G. M. 2009. El ovino: la fábrica biológica de la lana. (en línea). INTA. Esquel. Ganadería no. 32. 4 p. Consultado sep. 2017. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_ganaderia32\\_lana\\_ovina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia32_lana_ovina.pdf)
27. Fernández Abella, D. 1985. Mortalidad neonatal de corderos. III. Efecto de la edad de la madre y peso del cordero al nacimiento. Avances en Alimentación y Mejora Animal. 26:355-363.
28. \_\_\_\_\_. 1995. Temas de reproducción ovina e inseminación artificial en bovinos y ovinos: mortalidad neonatal de corderos. Montevideo, Facultad de Agronomía. 206 p.
29. Fenton, R.; Borrelli, P.; Watts, J. 2003. El sistema de cría Soft Rolling Sking® para ovinos y otros animales productores de fibra. In: Seminario Internacional Lanas Merino Finas y Superfinas (2003, Salto). Producción y perspectivas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 89-98.
30. Gómez, M.; Regalado, A.; Stirling, E. 2004. Correlaciones fenotípicas entre la población folicular pilosa y características de la lana. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 115 p.
31. Grace, N. D. 1989. The mineral requirements of grazing ruminants. 2<sup>nd</sup>. ed. Hamilton, New Zealand, New Zealand Society of Animal Production. s.p. (Occasional publication no. 9).
32. Griffin, J. E.; Ojeda S. R. 1992. Textbook of Endocrine Physiology. 2<sup>nd</sup>. ed. Oxford, Oxford University. pp. 61-74.
33. Guyton, A. 1994. Fisiología y fisiopatología. 5<sup>a</sup>. ed. Ciudad de México, Interamericana. pp. 1033-1044.
34. Hardy, M. G.; Lyne, A. G. 1955. The pre-natal development of wool follicles in Merino sheep. (en línea). Australian Journal of Biological Sciences. 21:423-441. Consultado 13 nov. 2017. Disponible en <http://www.publish.csiro.au/BI/pdf/BI9560423>
35. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15:663-670.

36. Helman, M. 1965. Ovinotecnia. Buenos Aires, Ateneo. 805 p.
37. Hynd, P. I. 1993. Early selection of superior merinos using skin-based traits. In: Gifford, D. ed. Merino sheep breeding: some direction for de future. s.l., South Australian Research and Development Institute. Turretfield Research Center Rosedale. pp. 14-26.
38. \_\_\_\_\_. 1994. Follicular determinants of the length and diameter of wool fibres. II. Comparison of sheep differing in thyroid hormone status. Australian Journal of Agricultural Research. 45:1149-1157.
39. Jefferies, B. C. 1961. Body condition scoring and its use in management. Tasmanian Journal of Agriculture 32:19-21.
40. Johnson, H. D.; Vanjonack, W. J. 1976. Effects of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals. Journal of Dairy Science. 59 (9):1603-1617.
41. Judson, G. J.; McGregor, B. A.; Howse, A. M. 2011. Blood mineral, trace-element and vitamin concentrations in Huacaya alpaca and Merino sheep grazing the same pasture. Animal Production Science. 51:873-880.
42. Kaneko, J. J. 1997. Thyroid Function. In: Kaneko, J. J.; Harvey, J. W.; Brus, M. L. eds. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 5<sup>th</sup>. ed. New York, Academic Press. pp. 571-588.
43. Kelly, F. C.; Snedden, W. W. 1958. Prevalence and geographical distribution of endemic goiter. Bulletin of the World Health Organisation. 18:50-73.
44. Kelly, R. W.; Greeff, J. C.; Macleod, I. 2006. Lifetime changes in wool production of Merino sheep following differential feeding in fetal and early life. Australian Journal of Agriculture Research. 57:867-876.
45. Knights, G. I.; O'Rourke, K. O.; Hopking, P. S. 1979. Effects of iodine supplementation of pregnant and lactatin ewes on the growth and maturation of their offspring. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 19:19-20.

46. Lee, J.; Grace, N. D. 1988. Trace elements and wool. In: McLaren, R.G.; Haynes, R. J.; Savage, G. P. eds. Trace elements in New Zealand: environmental, Human and Animal. Canterbury, Lincoln College. pp. 215-314.
47. Lyne, A. G. 1961. The postnatal development of wool follicles, shedding, and skin thickness in inbred Merino and Southdown-Merino crossbred sheep. (en línea). Australian Journal of Biological Sciences. 14:141-156. Consultado 13 jul. 2017. Disponible en <http://www.publish.csiro.au/BI/pdf/BI9610141>
48. McDonald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh J. F. D.; Morgan, C. A. 1999. Nutrición Animal. 5a. ed. Zaragoza, Acribia. 575 p.
49. McDowell, L. R.; Conrad, J. H. 1977. Ruminant nutrition: selected articles from the World Animal Review, trace mineral nutrition in Latin America. (en línea). Rome, FAO. s.p. Consultado abr. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/3/X6512E/X6512E18.htm#ch18>
50. Machado, M. A. 2004. Formas de fornecimento de suplementação mineral para borregas em crescimento. Projeto de Iniciação Científica sob Apoio Financeiro da Tortuga Cia Zootécnica Agrária. Curitiba, Brasil, Universidade Federal do Paraná. pp. 1-24.
51. \_\_\_\_\_. 2008. Conservação e melhoramento genético de caprino com o auxílio de caracteres biométricos e morfológicos. (en línea). In: Ximenes, L. J. F.; Martins, G. A.; Morais, O. R.; Costa, L. S.; Nascimento, J. L. S. eds. Ciencia e tecnologia na pecuária de caprinos e ovinos. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil. cap. 14, pp. 363-379. Consultado 28 set. 2017. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/215643151\\_Conservacao\\_e\\_melhoramento\\_genetico\\_de\\_caprinos\\_com\\_o\\_auxilio\\_de\\_caracteres\\_biometricos\\_e\\_morfologicos](https://www.researchgate.net/publication/215643151_Conservacao_e_melhoramento_genetico_de_caprinos_com_o_auxilio_de_caracteres_biometricos_e_morfologicos)
52. Maddocks, L. G.; Jackson, N. 1988. Structural studies of sheep cattle and goat skin: a review of CSIRO research into histological and morphological observations on sheep, cattle and goat skin, with reference to the work of Mr. Ted Nay. 2<sup>nd</sup>. ed. Blacktown, New South Wales, CSIRO. Division of Animal Production. pp. 57- 65.

53. Marston, H. R. 1948. Nutritional factors involved in wool production by Merino sheep I. The influence of fodder intake on the rate of wool growth. Australian Journal of Biological Sciences. 1(3):362-375.
54. Matamoros, R.; Contreras, P. A.; Wittwer, F.; Mayorga, M. 2003. Hipotiroidismo en rumiantes. Revisión bibliográfica. Archivos Médicos Veterinarios. 35:1-11.
55. Mena Segarra, E. 1996. 125 años de historia Asociación Rural del Uruguay. Montevideo, Ediciones de la Plaza. 174 p.
56. Mendoza Amaral, A. V. 1968. Curso básico teórico práctico de lanares y lanas que se dicta en la Comisión Honoraria de la Producción Ovina. Montevideo, Uruguay, MGA. 144 p. (Serie Técnica no. 33).
57. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018. Anuario estadístico agropecuario. 2018. (en línea). Montevideo. 211 p. Consultado 7 jul. 2019. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/oficina-de-programacion-y-politica-agropecuaria/estadisticas-y-documentos/29-08>
58. \_\_\_\_\_. PRENADER (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Proyecto de Manejo de los Recursos Naturales y Desarrollo del Riego, UY). s.f. CONEAT digital. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 14 abr. 2017. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/coneat>
59. Millot, J. C.; Risso, D. F.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
60. Minola, J.; Goyenechea, R. 1975. Praderas y lanares. Buenos Aires, Hemisferio Sur. s.p.
61. Mixner, J. P.; Kramer, D. H.; Szabo, K. T. 1962. Effects of breed, stage of lactation, and season of year on TSR of dairy cows as determined by the chemical thyroxine turnover method. Journal of Dairy Science. 45:999-1002.

62. Montossi, F.; San Julián, R.; de Mattos, D.; Berretta, E. J.; Zamit, W.; Levratto, J.; Ríos, M. 1998. Producción de lana fina: una alternativa de valorización de la producción ovina sobre suelos superficiales del Uruguay con escasas posibilidades de diversificación. *In*: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 307-315 (Serie Técnica no. 102).
63. \_\_\_\_\_.; Risso, D.; Cuadro, R.; De Barbieri, I.; Luzardo, S.; Sosa, B.; Bastos, M.; Liendo, F.; Rovira, F.; Bottero, D.; Bentancur, M.; Da Cuña, K.; Cuadro, P.; Zamit, W.; Piñeiro, J.; San Julián, R.; Brito, G.; Costales, J. 2006. Efecto de diferentes sistemas de alimentación, con niveles crecientes de suplementación, en la performance animal, calidad de la canal y la carne de corderos Corriedale. *In*: Seminario de Actualización Técnica (2010, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-13 (Actividades de Difusión no. 473).
64. \_\_\_\_\_.; De Barbieri, I.; Ciappesoni, C.; Soares de Lima, J. M.; Pérez Jones, J.; Donagaray, F.; Fros, A.; Luzardo, S.; Mederos, A.; De Mattos, D.; De Los Campos, G.; Nolla, M. 2014. Diez años del proyecto merino fino del Uruguay (1998-2008): aportes tecnológicos para la sostenibilidad de productivos ganaderos de la región de basalto. *In*: Berretta, E.; Montossi, F.; Brito, G. eds. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Montevideo, INIA. pp. 279-318 (Serie Técnica no. 217).
65. Moule, G. R. 1962. Wool production. Melbourne, Australia, Agricultural Research Liaison Section. s.p.
66. Mufarrege, D. J. 2007. El yodo en la ganadería (en línea). Revista INTA. no. 419:1-3. Consultado 5 oct. 2017. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion\\_mineral/29-iodo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/29-iodo.pdf)
67. Nagorcka, B. N. 1995. The reaction-diffusion (RD) theory of wool (Hair) follicle initiation and development; I. Primary follicles. Australian Journal of Agricultural Research. 46:333-355.
68. Nay, T.; Hayman, R. 1969. Relationships between body weight and some follicle and fleece characters in an Australian fine-wool Merino flock. Australian Journal of Agriculture Research. 20:1177-1187.

69. \_\_\_\_\_. 1970. Follicle characteristics in a group of Merino sheep selected up and down for fleece weight. *Australian Journal of Agricultural Research*. 21:951-954.
70. Nolan, E. 2014. The economic value of wool attributes phase 2. A report prepared for Australian Wool Innovation. (en línea). Sydney, University of Sydney. 68 p. Consultado 19 set. 2017. Disponible en <https://www.wool.com/globalassets/wool/about-awi/media-resources/publications/wool-selling-systems-review-final-report/wool-selling-systems-review-final-report.pdf>
71. NRC (National Research Council, US). 2007. Nutrient requirement of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D. C., National Academy Press. 384 p.
72. Pereira, D.; Rivero, R.; Féola, R. 1988. Bocio hiperplásico congénito ovino. *Sociedad de Medicina Veterinaria del Uruguay*. 24 (101-102):13-19.
73. Pérez Álvarez, E.; Methol, R.; Coronel, F. 1989. Apuntes de lanares y lanas: razas. 2ª. ed. reimpr. Montevideo, Impresora 2000. 130 p.
74. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1992. Apuntes de lanares y lanas: la lana. 3ª. reimpr. Montevideo, Multigraf. 53 p.
75. Piaggio, L.; Uriarte, G. 2005. Nutrición mineral de los ovinos en pastoreo en el Uruguay. *Producción Ovina*. no. 17:5-20.
76. Pigurina, G.; Soares de Lima, J. M.; Berretta, E. 1998. Contenido de minerales en pasturas naturales sobre Basalto, I: especies nativas. *In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados*. Montevideo, INIA. pp. 113-122 (Serie Técnica no. 102).
77. Premachandra, B. N.; Pipes, G. W.; Turner, C. W. 1958. Variations in thyroxine secretion rate of cattle. *Journal of Dairy Science*. 41:1609-1615.

78. Rijnberk, A.; Kooistra, H. S. 2010. Thyroids. In: Rijnberk, A.; Kooistra, H. S. eds. Clinical endocrinology of dogs and cats. 2<sup>nd</sup>. ed. Hannover, DE, Schlütersche Verlagsgesellschaft. pp. 55-91.
79. Robards, G. E. 1971. The wool growth of Merino sheep receiving an exponential pattern of methionine infusion to the abomasums. (en línea). Australian Journal of Agricultural Research. 22(2):261-270. Consultado mar. 2017. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1071/AR9710261>
80. Rodríguez Palma, R. 1996. Eficiencia del proceso de producción de lana. Montevideo, Facultad de Agronomía. 34 p.
81. \_\_\_\_\_.; Surraco, L. 2003. Control de calidad en lana: importancia de cada característica y definición de la metodología de medición e instrumentos utilizados. Salto, Facultad de Agronomía. 10 p.
82. Rogers, G. E. 2006. Biology of the wool follicle: an excursion into a unique tissue interaction system waiting to be re-discovered. Experimental Dermatology. 15:931-949.
83. Ryder, M. L.; Stephenson, S. K. 1968. Wool growth. London, Academic Press. 805 p.
84. Saldanha, S. 2011. Pasturas naturales. (en línea). In: Curso de Pasturas Centro Regional Sur (2011, Montevideo). Pasturas. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 1-21. Consultado 5 feb. 2020. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/26%20-%20Pasturas%20Naturales.pdf>
85. Schinckel, G. P. 1957. Relationship between follicle number and wool production. (en línea). Australian Journal of Agricultural Research. 8(5):512-523. Consultado 2 mar. 2018. Disponible en <http://www.publish.csiro.au/paper/AR9570512.htm>
86. \_\_\_\_\_.; Short, B. F. 1961. The influence of nutritional level during prenatal and early post-natal life on adult fleece and body characters. Australian Journal of Agricultural Research. 12:176-202.

87. Short, B. F.; Fraser, A. S.; Carter, H. B. 1958. Effect of level of feeding on the variability of fibre diameter in four breeds of sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*. 9:229-236.
88. Sivertsen, T.; Garmo, T. H.; Lierhagen, S.; Bernhoft, A.; Steinnes, E. 2014. Geographical and botanical variation in concentrations of selenium, cobalt, iodine, zinc and other essential elements in sheep pasture plants in Norway. *Acta Agricultura e Scandinavica, Section. A Animal. Science*. 64:188-197.
89. Symonds, M. E.; Budge, H.; Stephenson, T.; McMillen, I. C. 2001 Fetal endocrinology and development - manipulation and adaptation to long-term nutritional and environmental challenges. *Reproduction*. 121:853-862.
90. Turner, H. N.; Dolling, C. H. S. 1965. Vital statistics for an experimental flock of Merino sheep. I. The influence of age on reproductive performance. (en línea). *Australian Journal of Agricultural Research*. 16(4):699-712. Consultado mar. 2018. Disponible en <http://www.publish.csiro.au/cp/AR9650699>
91. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 1978. Selection for reproduction rate in Australian Merino sheep: direct responses. (en línea). *Australian Journal of Agricultural Research*. 29(2):327-350. Consultado jul. 2018. Disponible en <http://www.publish.csiro.au/cp/AR9780327>
92. Tveita, B.; Lingsaas, F.; Standala, N. 1990. Thyroid function in heifers measured by hormone levels before and after injection of thyrotropin releasing hormone. *Acta Agricultura e Scandinavica*. 40 (2):175-181.
93. Underwood, E. J. 1971. Trace elements in human and animal nutrition: iodine. 3<sup>rd</sup>. ed. Nedlands, Western Australia, Academic Press. pp. 281-315.
94. Ungerfeld, E. 1998. Factores que afectan el contenido de minerales en pasturas naturales y el estado nutricional de vacunos y ovinos en Uruguay: revisión bibliográfica. Montevideo, INIA. 230 p.
95. Vanjonack, W. J.; Johnson, H. D. 1975. Effects of moderate heat and milk yield on plasma thyroxine in cattle. *Journal of Dairy Science*. 58:507- 511.

96. Von Bergen, W. 1963. Wool handbook. 3<sup>rd</sup>. ed. New York, Wiley. v.1, 800 p.
97. Williams, A. J.; Winston, R. J. 1987. A study of the characteristics of wool follicle and fibre in Merino sheep genetically different in wool production. (en línea). Australian Journal of Agricultural Research. 38(4):743-755. Consultado 2 ago. 2017. Disponible en <http://www.publish.csiro.au/paper/AR9870743.ht>

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Descripción de grupos de suelo CONEAT

**1.10b** El relieve es de sierras con escarpas escalonadas y laderas de disección de forma convexa; incluye pequeños valles. Las pendientes modales son de 10 a más de 12%. La rocosidad y/o pedregosidad varían de 20 a 30% pudiendo ser a veces de más de 30%. De 85 a 95% de la superficie de este grupo está ocupada por suelos superficiales y manchones sin suelo donde aflora la roca basáltica; el resto son suelos de profundidad moderada. Los suelos dominantes son Litosoles Subéutricos (a veces Éutricos) Melánicos, ródicos (Litosoles pardo rojizos). Tienen una profundidad de 30 cms., aunque normalmente son muy superficiales (menos de 10 cms.); son de textura franco limosa a franco arcillosa, con gravillas de basalto en todo el perfil y bien drenados. La fertilidad natural es de media (en los Subéutricos) a alta (en los Éutricos). Estos suelos se encuentran en las posiciones más fuertes del paisaje (sierras con escarpas y laderas de disección de más de 6% de pendientes). Como asociados, ocupando pendientes menores, se encuentran Litosoles Éutricos Melánicos (Litosoles negros) y Éutricos Típicos moderadamente profundos (Praderas Negras y Regosoles) y superficiales (Regosoles). Ocupando pequeños valles y zonas cóncavas, se encuentran Vertisoles Háplicos (Grumosoles) de profundidad moderada y profundos. Los suelos son de uso pastoril. La vegetación es de pradera invernal, de tapiz bajo y ralo, a veces algo abierto (en suelos asociados) y cerrados en los valles. Este grupo corresponde con la unidad Cuchilla de Haedo-Paso de los Toros de la carta escala 1:1.000.000 (D.S.F.). Se distribuye en toda la región basáltica, pudiéndose mencionar como zona típica, sobre Ruta 26, en las inmediaciones de Tambores. Índice de Productividad 30.

Anexo 2. Composición mineral de la sal utilizada en el experimento

Mineral	Cantidad (ppm)
Zinc	16000
Magnesio	2800
Cobre	975
Azufre	734
Manganeso	358
Yodo	57
Cobalto	42
Plomo	30
Potasio	15
Arsénico	10
Cadmio	5
Selenio	4
Uranio	4
Cromo	2
Mercurio	1

Anexo 3. Planilla con número de caravana de cada cordero, fecha de nacimiento, sexo (macho o hembra) y tipo de nacimiento (único o mellizo)

Tratamiento	No. de caravana cordero	Fecha de nacimiento	Sexo	Tipo de nacimiento
CN	16741	21-sep.-17	H	U
CN	16743	19-sep.-17	M	U
CN	16746	19-sep.-17	M	M
CN	16747	22-sep.-17	H	U
CN	16750	11-oct.-17	M	M
CN	16751	18-sep.-17	M	U
CN	16756	7-oct.-17	M	U
CN	16762	19-sep.-17	H	M
CN	16763	11-oct.-17	H	M
CN	16765	18-sep.-17	M	U
CN	16766	19-sep.-17	H	U
CN	16769	8-oct.-17	M	U
CN	16771	19-sep.-17	H	M

CN	16776	20-sep.-17	M	U
CN	16777	19-sep.-17	M	M
CN	16780	10-oct.-17	H	U
CN	16782	20-sep.-17	H	U
CN	16784	20-sep.-17	M	U
CY	16742	7-oct.-17	H	U
CY	16744	20-sep.-17	M	M
CY	16745	8-oct.-17	M	U
CY	16748	20-sep.-17	M	M
CY	16752	19-sep.-17	H	U
CY	16755	21-sep.-17	M	U
CY	16761	20-sep.-17	H	U
CY	16767	9-oct.-17	M	U
CY	16768	18-oct.-17	H	U
CY	16773	21-sep.-17	H	M
CY	16774	21-sep.-17	H	U
CY	16775	18-sep.-17	H	U
CY	16778	19-oct.-17	M	U
CY	16781	18-sep.-17	M	U
CY	16785	3-oct.-17	H	U
SY	16740	19-sep.-17	M	M
SY	16749	26-oct.-17	H	U
SY	16753	8-oct.-17	H	U
SY	16754	6-oct.-17	H	U
SY	16757	21-sep.-17	M	U
SY	16758	21-sep.-17	H	M
SY	16759	10-oct.-17	M	U
SY	16760	5-oct.-17	M	U
SY	16764	15-oct.-17	M	U
SY	16770	17-sep.-17	M	U
SY	16772	18-sep.-17	M	U
SY	16779	17-sep.-17	H	U
SY	16783	21-sep.-17	M	M