

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN
CON YODO SOBRE LA FERTILIDAD, SUPERVIVENCIA NEONATAL Y LANA
EN OVEJAS PASTOREANDO CAMPO NATURAL SOBRE BASALTO

por

Fabiana Julia PEREYRA GODAY
Ma. Valentina PRUDENZA UGARTEMENDIA
Ma. José URIOSTE ARRICAR

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2014

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Ph.D. Daniel FERNÁNDEZ ABELLA

Ing. Agr. M.Sc. Ma. Helena GUERRA BERNADA

DMV. PhD. Alejandro BENECH GULLA

Fecha:

2 de diciembre de 2014.

Autor:

Fabiana Julia PEREYRA GODAY

María Valentina PRUDENZA UGARTEMENDIA

María José URIOSTE ARRICAR

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

A nuestros tutores, Daniel y Helena quienes nos guiaron y tuvieron paciencia desde el comienzo.

A Enrique, Miguel y el resto del personal de El Totoral quienes siempre estuvieron presentes y nos ayudaron en el trabajo de campo.

A Santiago, quien nos ayudó y se involucró tanto como nosotras.

A los estudiantes de Bachillerato agrario de UTU y Facultad de Veterinaria, presentes en días claves de trabajo.

A Carlos, en nombre de todos los funcionarios de la EEFAS, quienes de una forma u otra colaboraron y nos facilitaron el trabajo.

Al personal de Biblioteca de Facultad de Agronomía Montevideo y Facultad de Veterinaria por la colaboración en la búsqueda de información.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. ANATOMÍA FUNCIONAL DE LA GLÁNDULA TIROIDES.....	3
2.1.1. <u>Síntesis y secreción de T₃ y T₄</u>	4
2.1.2. <u>Funciones de las hormonas T₃ y T₄</u>	5
2.2. EFECTOS POR DEFICIENCIAS DE YODO.....	7
2.3. DIAGNÓSTICO DE DEFICIENCIA MINERAL Y NIVEL DE SUPLEMENTACIÓN.....	9
2.4. FACTORES QUE AFECTAN LAS CONCENTRACIONES DE YODO.....	12
2.5. PRODUCCIÓN DE LANA.....	18
2.5.1. <u>Formación de la fibra</u>	18
2.5.2. <u>Estructura y función de los folículos</u>	19
2.5.3. <u>Relación secundario/primario</u>	22
2.5.4. <u>Control hormonal en el crecimiento de la lana</u>	23
2.5.5. <u>Factores que afectan la producción de lana</u>	25
2.6. CONSIDERACIONES DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	26
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	28
3.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO.....	28
3.1.1. <u>Condiciones climáticas</u>	29
3.2. METODOLOGÍA.....	30
3.2.1. <u>Animales utilizados</u>	30
3.2.2. <u>Desarrollo del ensayo</u>	30
3.2.3. <u>Determinación de TSH</u>	33
3.2.4. <u>Cálculo de crecimiento y producción de lana</u>	33
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	34
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	35
4.1. PESO VIVO Y CC OVEJAS.....	35
4.2. NIVELES DE TSH.....	37
4.3. PRODUCCIÓN DE LANA.....	38
4.4. DISTRIBUCIÓN DE PARTOS.....	39

4.5. PESO DE CORDEROS.....	39
5. <u>CONCLUSIONES</u>	41
6. <u>RESUMEN</u>	42
7. <u>SUMMARY</u>	43
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	44
9. <u>ANEXOS</u>	52

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Requerimientos de microminerales en ovejas y niveles máximos de tolerancia (ppm, mg/kg MS).....	10
2. Biodisponibilidad relativa de fuentes yodadas.....	11
3. Precipitación acumulada mensual.....	29
4. Temperatura media, mínima y máxima.....	29
5. Humedad relativa.....	29
6. Comparación de medias.....	30
7. Peso vivo promedio de ovejas por tratamiento.....	36
8. Condición corporal promedio de ovejas por tratamiento.....	36
9. Niveles promedio de TSH en suero.....	37
10. Número de picos promedio registrados.....	37
11. Tasa de crecimiento de lana para cada tratamiento.....	38
12. Peso vivo promedio de corderos al nacer, hijos de madres correspondientes a cada tratamiento.....	40
13. Resumen de indicadores reproductivos según tratamiento.....	40
Figura No.	
1. Esquema de regulación de hormonas tiroideas.....	4
2. Síntesis de T3 y T4.....	5
3. Efecto de la edad del animal sobre la fecundidad (% de parición)..	7
4. Zonas de mayor (oscura) a menor prevalencia de Bocio.....	13
5. Prevalencia de bocio endémico en el Uruguay.....	14
6. Microfotografía de folículos de lana de oveja Merino.....	19
7. Folículo primario mostrando las principales capas y estructuras accesorias.....	20
8. Diagrama de un folículo secundario original y 5 folículos secundarios derivados emergiendo desde un único orificio en común.....	21
9. Crecimiento de lana en dos grupos de ovejas; con y sin deficiencias de yodo en la dieta.....	24
10. Foto aérea del potrero de ensayo.....	28
11. Esquema ilustrativo del manejo de los animales del ensayo.....	32

12.	Calendario de partos de los distintos tratamientos.....	39
-----	---	----

1. INTRODUCCIÓN

Uruguay depende gran parte de la producción agropecuaria. El 73,1% del total de las exportaciones proviene del sector agropecuario (MGAP. DIEA, 2013).

La misma fuente reporta que en nuestro país la mayor cantidad de ovejas se concentra en los departamentos de Artigas, Salto, Paysandú y Tacuarembó, siendo la fuente de ingreso principal en el 6% del total de las explotaciones agropecuarias.

En el último ejercicio el stock ovino fue de 8.190 miles de cabezas, 0,4% menor que el año anterior. La faena ovina presenta un fuerte crecimiento, 44% mayor que el ejercicio anterior (INAC, 2013).

Las exportaciones de carne ovina superaron en un 29% las exportaciones del ejercicio anterior. Mientras que la producción de lana anual se encuentra en valores próximos a las 32,5 toneladas en base sucia, siendo este valor el más bajo desde el 2009 (MGAP. DIEA, 2013).

En el contexto actual de reducción del stock ovino a nivel mundial, y el aumento en el precio de la carne y de la lana, es importante aumentar la eficiencia reproductiva de las majadas. En los últimos cinco años, los porcentajes de señalada de la majada nacional han superado el 70 % (Salgado, 2012). Este parámetro es tomado como un indicador de referencia para definir el desempeño reproductivo de una majada, lo que está indicando una importante deficiencia a este nivel. Los componentes para una mejora de la tasa de señalada son la fertilidad, la prolificidad de las ovejas encarneradas y la supervivencia de los corderos nacidos.

La producción ovina en nuestro país se desarrolla fundamentalmente sobre pasturas naturales, caracterizadas por una gran variabilidad durante el año y entre años. Esta variabilidad es consecuencia de las interacciones entre clima, suelo, planta y animal, las cuales modifican la disponibilidad de forraje y por ende el consumo de energía y proteína. Si bien es conocida la importancia que ejercen éstos en el desempeño animal, hay que tener en cuenta que desde el punto de vista nutricional, el nutriente limitante será quién determine la producción final. Entonces es necesario conocer tanto el aporte de energía y proteína como los aportes de minerales, vitaminas y agua (Piaggio y Uriarte, 2005).

A pesar de que los factores más limitantes del desempeño de los animales sobre pastoreo sean las deficiencias de proteína y energía, estas pueden ser exacerbadas por deficiencias de macro y micronutrientes minerales, en magnitud variable. Entretanto, puede no haber respuesta animal a la suplementación mineral como resultado de que las deficiencias proteicas y energéticas sean más limitantes (Winks, citado por Machado, 2004).

La información disponible en el país sobre el contenido de minerales en las pasturas es parcial y con una alta variabilidad de los valores publicados (Berretta 1998, Pigurina et al. 1998, Ungerfeld 1998, Piaggio y Uriarte 2005). No obstante, los microelementos como el zinc (Zn), el selenio (Se), el yodo (I) y el cobalto (Co), asociados a los balances vitamínicos, presentan un contenido marginal en nuestras pasturas. Específicamente en la región basáltica, Rossengurt (1976) reporta deficiencias de yodo en animales, corrigiéndose éstas con agregado de sal mineral al ganado. Estos microelementos están asociados a aspectos reproductivos (Piper et al. 1980, White 1997), al sistema inmune y a la producción de lana (White, 1997). Esta última producción, muy importante en las razas de lana fina como Merino Australiano.

Por lo anterior mencionado, surge la necesidad de llevar a cabo este ensayo, el cual tiene como objetivos:

- evaluar la respuesta a la suplementación con yodo sobre la fertilidad, porcentaje de preñez y producción de lana.
- cuantificar las variaciones del contenido de TSH en sangre, en relación a la suplementación con yodo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los minerales (Cu, Co, Se, Mg, I, Zn y Fe) repercuten en la performance reproductiva de los rumiantes. Fallas en la reproducción pueden ser provocadas tanto por la falta de un simple elemento como la combinación o desbalance de varios de ellos (Hidiroglou, 1979).

Según Machado (2004), el conocimiento bioquímico del efecto que provoca la falta de oligoelementos es esencial a la hora de poder determinar el rol que juegan éstos en la fertilidad de los rumiantes. Éstos son frecuentemente sometidos a dietas deficientes en minerales y se cree que la infertilidad en el ganado, asociada al mal funcionamiento enzimático, resulta de estas deficiencias. A pesar de la gran cantidad de información acumulada donde aparentemente la performance reproductiva va más allá de una adecuada nutrición mineral, considera que no han habido estudios concretos que avalen esto y que en general los microelementos, debido a su participación en la estructura de muchas enzimas y algunas hormonas, están más implicadas en la ocurrencia de disturbios de la función reproductora que los macroelementos.

2.1. ANATOMÍA FUNCIONAL DE LA GLÁNDULA TIROIDES

La glándula tiroides se encuentra en todos los vertebrados produciendo hormonas que participan en la regulación de la tasa metabólica de los diferentes tejidos y en la homeostasis del calcio-fósforo. Las hormonas metabólicas son la tiroxina (T_4) y la triyodotironina (T_3), las cuales se producen en las células foliculares que rodean los folículos tiroideos (García Sacristán et al., 1995).

Los mismos autores la describen como una glándula de secreción interna muy vascularizada situada en la mayoría de los mamíferos en la parte craneal de la tráquea, caudalmente a la laringe. Consta de dos lóbulos laterales unidos por istmo en los bóvidos. Su unidad funcional es una estructura esférica u ovoide denominada folículo cuya cavidad está llena de coloide, que es la forma de almacenamiento de la secreción de las células foliculares, la tiroglobulina, la cual contiene aminoácidos yodados unidos por enlaces peptídicos.

Siguiendo los estudios de dichos autores, entendemos que la regulación de esta hormona conforma un eje hipotálamo (TRH), hipófisis (TSH) y tiroides (T_4 y T_3); 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 bastante uniforme, Figura 1.

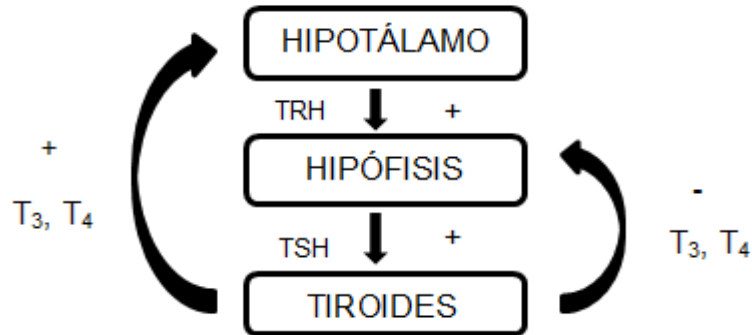


Figura 1. Esquema de regulación de hormonas tiroideas

Según Fernández Abella (1994b) las hormonas presentan una descarga o liberación continua que determina un nivel de base. Alternativamente se producen descargas más elevadas que determinan una tonicidad o tono de los niveles plasmáticos de la hormona. En el caso de hormonas como la TSH, presentan un perfil en ondas sin descargas bruscas de secreción. Los perfiles de liberación hormonal presentan variaciones durante el día que se conocen con el nombre de variaciones “circadianas”. La consideración del tipo de secreción circadiana de una hormona es importante en todo protocolo experimental, como en la interpretación y discusión de resultados.

2.1.1. Síntesis y secreción de T₃ y T₄

Nuevamente, los estudios realizados por García Sacristán et al. (1995) muestran que la síntesis de las hormonas tiroideas depende fundamentalmente de la disponibilidad de yodo de la dieta. La mayor proporción de todo el yodo orgánico se concentra en la glándula tiroides. El yodo de la dieta, después de atravesar la barrera intestinal como yoduro, es transportado por vía sanguínea unido a proteínas, pasando a la célula del folículo tiroideo como ion yoduro por procesos de transporte activo con una concentración entre 20 y 30 veces superior a la del torrente sanguíneo, pudiendo llegar a 200-300 en condiciones de falta de yodo. Dentro de la célula, se mueve hacia la parte apical donde el yoduro debe ser oxidado para que más tarde pueda ser incorporado a los grupos tirosínicos de la tiroglobulina; glucoproteína que constituye el principal componente del coloide, Figura 2.

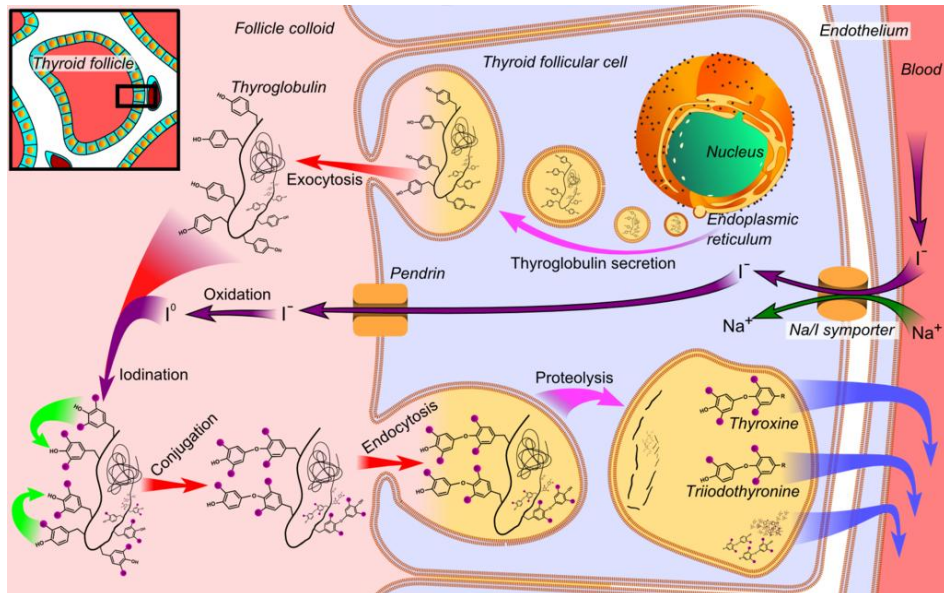


Figura 2. Síntesis de T₃ y T₄

Fuente: Boron (2003).

La cantidad y proporción de los diferentes componentes yodados varía con el suministro de yodo a la glándula, con la presencia de sustancias goitrogénicas que pueden inhibir el mecanismo de captura del yodo o los procesos de hormonogénesis y con la existencia de ciertas enfermedades y defectos metabólicos de origen genético (Underwood, 1971).

2.1.2. Funciones de las hormonas T₃ y T₄

Según Capen et al. (1991), la tiroxina estimula la utilización de oxígeno y la producción de calor por cada célula del cuerpo. Provoca incremento de uso de carbohidratos, aumento de catabolismo de proteínas como lo indica la mayor excreción de nitrógeno y mayor oxidación de grasa como lo indica la pérdida de peso corporal. La administración de tiroxina incrementa el ritmo cardíaco por un efecto directo sobre las células musculares del corazón.

El mismo autor considera que la función normal del sistema nervioso central es dependiente de la liberación normal de la tiroxina y que durante los períodos en que los niveles de tiroxina son deficientes, el sistema nervioso central deja de funcionar de manera normal y el animal es letárgico, torpe y mentalmente deficiente. También provoca que la mielina en las fibras disminuya, decrezca el tamaño y la cantidad de neuronas corticales, y se reduzca la vascularidad del sistema nervioso central (SNC). Las neuronas se dañan de modo permanente en el animal joven en crecimiento por deficiencia

de tiroxina. La disfunción neuronal provocada por la deficiencia de tiroxina es reversible en el animal adulto. Por otro lado, un exceso de tiroxina estimula la actividad del SNC al grado que el animal está nervioso, asustadizo, irritable e hiperactivo.

Siguiendo la lógica del autor, el mecanismo subcelular de acción de las hormonas tiroideas parece similar a las hormonas esteroides en que las hormonas libres penetran en las células blanco y se enlazan con una proteína de enlace citosol. La T3 libre se enlaza ya sea a receptores sobre la membrana mitocondrial interna para activar el metabolismo de energía mitocondrial o a un receptor nuclear e incrementa la transcripción del mensaje genético para facilitar la síntesis de nuevas proteínas. Los efectos globales de las hormonas tiroideas son: incrementar la tasa metabólica basal; hacer más glucosa disponible para cubrir las elevadas demandas metabólicas al incrementar la glucólisis, la gluconeogénesis y la absorción de glucosa del intestino; estimular la síntesis de nuevas proteínas; incrementar el metabolismo de lípidos y la conversión de colesterol a ácidos biliares y otras sustancias, activación de lipoproteínas lipasa, e incrementar la sensibilidad del tejido adiposo a la lipólisis por otras hormonas; estimular el ritmo cardíaco, el gasto cardíaco y el flujo sanguíneo, e incrementar la transcripción neural y el desarrollo neuronal y cerebral en animales jóvenes.

Los niveles energéticos favorecen la selección folicular reduciendo el porcentaje de atresia (Haresign, citado por Fernández Abella, 1994b). Por otro parte, los niveles adecuados de proteína incrementan el número de folículos reclutados. En ambos, la tasa ovulatoria se incrementará hasta cierto tope genético (Lindsay, Knights, citados por Fernández Abella, 1994b). A su vez, factores ambientales internos como la edad tienen un rol importante en la fertilidad (Figura 3), donde la fecundidad aumenta hasta alcanzar los 6-7 años (desgaste de dientes) determinado por un aumento en el número de mellizos (prolificidad) y una disminución de las ovejas falladas (Fernández Abella, 2008).

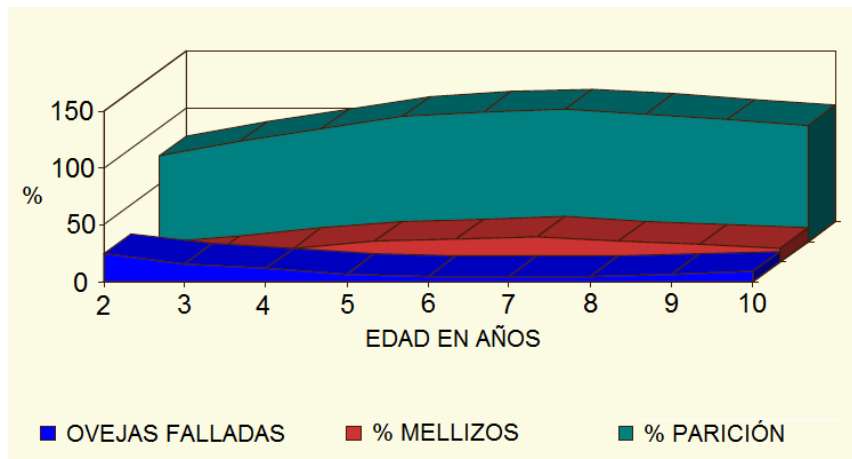


Figura 3. Efecto de la edad del animal sobre la fecundidad (% de parición)

Fuente: Coop, citado por Fernandez Abella (2008)

2.2. EFECTOS POR DEFICIENCIAS DE YODO

Una inadecuada inclusión de yodo en la dieta de las ovejas puede inducir a trastornos en la reproducción conduciendo a pérdidas económicas (Underwood, citado por Aumont et al., 1989), así como también tratamientos con yodo pueden incrementar la supervivencia de preñeces múltiples y revertir dicha situación (Davis y Barry, citados por Clark, 1998).

La infertilidad asociada a la falta de yodo ha sido identificada tanto en ovejas como en vacunos. En áreas donde se han reportado altas incidencias de bocio en corderos, los problemas de infertilidad han sido disminuidos a través de la suplementación de ovejas con 0.007% de yodo en el suplemento (Aschbacher, 1968).

Las deficiencias de yodo están asociadas a baja capacidad de supervivencia, especialmente frente a inclemencias del tiempo. Esto sucede debido a que corderos con dicha deficiencia tienen reducida habilidad para controlar la temperatura del cuerpo (Clark et al., 1998). Así también lo considera Berger (2008), quien explica que uno de los mecanismos usados por los animales para adaptarse al estrés por frío es incrementar el nivel de metabolismo basal, el cual resulta en un incremento en la producción de calor. Este nivel de metabolismo basal es controlado por los niveles de tiroxina en sangre y ésta requiere cuatro átomos de yodo por molécula.

Consecuentemente, el estrés por frío indirectamente incrementa los requerimientos de yodo.

Además, al igual que el cortisol, las hormonas tiroideas estimulan la maduración de las células alveolares de los pulmones y la producción de surfactante, lo cual es esencial para la supervivencia de los recién nacidos. Deficiencias de yodo en el feto también afecta el crecimiento y la diferenciación de células en los tejidos, especialmente a nivel del sistema nervioso, gónadas, corazón, pulmones, piel y folículos de lana. Esto puede resultar en muertes fetales o de animales pequeños y débiles, con pérdida de lana. La gestación y el parto pueden verse prolongados por la posible retención de membranas fetales (Grace, citado por Clark et al., 1998).

Es cuestionable si las anomalías ocurridas durante el desarrollo fetal son reversibles al suplementar las ovejas o los corderos luego de nacidos. Inyecciones con fuentes de yodo fueron utilizadas para esto, pero generalmente no fueron exitosas. Por lo tanto es fundamental que las ovejas se encuentren en un adecuado nivel nutricional de yodo antes de que comience el desarrollo fetal (Berger, 2008).

Estudios realizados por Clark et al. (1998) muestran que no existen diferencias significativas en peso al nacer entre corderos hijos de ovejas que habían sido suplementadas con yodo (400 mg de Lipiodol equivalente a 0.15 g) durante 3 semanas previas a la encarnada. Los datos obtenidos de los nacimientos confirman una diferencia significativa ($p < 0.05$) en los rangos melliceros entre las ovejas suplementadas (64%) y control (56%). Además hubo una reducción significativa en la mortalidad perinatal entre ambos grupos. Esto fue reafirmado en estudios realizados por Sargison et al. (1998), donde los corderos hijos de madres suplementadas con yodo (0,48 g de yodo) no mostraron diferencias significativas en peso al nacer.

Por otro lado, Knights et al. (1979) obtuvieron mayores pesos al nacer en corderos Merino suplementando a sus madres durante el último mes de gestación y los siguientes 3 meses de lactancia (20 mg de KI, dos veces a la semana). Además, durante la lactancia dichos corderos presentaron mayor tasa de crecimiento. Es importante aclarar que estos resultados se vieron más acentuados bajo alimentación restringida.

2.3. DIAGNÓSTICO DE DEFICIENCIA MINERAL Y NIVEL DE SUPLEMENTACIÓN

Knights et al. (1979) citan diferentes criterios que han sido utilizados para diagnosticar deficiencias de yodo en ovejas. Entre ellos se encuentra el peso de la tiroides, relación peso tiroides - peso cuerpo en el cordero, exámenes histológicos de la tiroides, comparación de la concentración de T₄ en suero entre corderos y madres, concentración en suero de T₄ en ovejas y concentración de yodo en pasturas. Las concentraciones de yodo en la leche son muy sensibles frente a cambios en la dieta y esto ha sido de utilidad para evaluar, con simples muestras de leche, el nivel de “nutrición de yodo” en ovejas en pastoreo. Los niveles de TSH en sangre también son utilizados como estimadores del nivel de yodo del animal.

A pesar de esto, un gran porcentaje de productores en América Latina no suplementan su ganado con minerales, con la posible excepción de sal. Por lo tanto, el ganado bajo pastoreo debe depender en gran medida de los forrajes consumidos, que sólo en raras ocasiones pueden satisfacer por completo sus requerimientos minerales (McDowell y Conrad, 1978). En el Cuadro 1 se puede observar los requerimientos nutricionales recomendados para ovejas y niveles máximos de tolerancia.

El ganado obtiene, además de minerales por parte del forraje, de otras fuentes tales como agua y tierra. Las ingestiones pico de tierra de los animales ocurren sobre suelos de pobre drenaje, por altas cargas, grandes poblaciones de lombrices y durante estaciones secas cuando existen bajas tasas de crecimiento de las pasturas. En Nueva Zelanda la ingestión anual de tierra puede llegar a los 75 kg por oveja (Healy et al., 1974).

Aunque se reconozca la necesidad de suplementar a los ovinos con minerales, hay que hacer una distinción entre lo que hoy se considera una adecuada suplementación mineral y una suplementación correcta desde el punto de vista técnico-científico. La idea de una suplementación adecuada, hasta hace poco extendida y aceptada por la mayoría, era que los ovinos recibieran una mezcla mineral “completa”, 365 días del año, sin consideraciones en cuanto a la dieta, época del año, categoría animal y nivel de desempeño. Este concepto de suplementación mineral parte de la premisa que cada animal come la mezcla mineral ad libitum, a cantidades aproximadamente necesarias para atender sus demandas metabólicas o que supone una sabiduría nutricional instintiva por parte del animal. Hoy se sabe que el consumo de determinado suplemento es más en función de su palatabilidad que de la capacidad que tenga el animal de satisfacer sus demandas nutricionales específicas. Lo que se

estipula actualmente es que hay marcadas diferencias entre las exigencias nutricionales de diversas categorías, relacionadas principalmente a su estado fisiológico, tipo de pastura y época del año (Machado, 2004).

Cuadro 1. Requerimientos de microminerales en ovejas y niveles máximos de tolerancia (ppm, mg/kg MS)^{ab}

Nutriente	Requerimiento	Nivel máx. tolerable
I	0,10 - 0,80 ^c	50
Fe	30 – 50	500
Cu	7 – 11	25
Mo	0,5	10
Co	0,1 - 0,2	10
Mn	20 – 400	1000
Zn	20 – 33	750
Se	0,1 - 0,2	2
F	-	60 – 150

^a Valores estimados a partir de información experimental.

^b NRC, citado por NRC (2007)

^c Máximos niveles durante preñez y lactación en dietas sin contenido de sustancias bociogénicas; podrían verse incrementados si la dieta contiene sustancias bociogénicas.

Los requerimientos de yodo de vacunos, ovinos y caprinos son de 0.5 mg/kg MS de la ración. Las fuentes más conocidas y económicas son el yoduro de potasio y el yodato de potasio, que se descomponen en la intemperie, también se puede utilizar yodato de calcio y un compuesto orgánico como etilendiamino dihidroyoduro, que son más estables (NRC, 2007). La respuesta a la suplementación con yodo del ganado con bocio es inmediata, por lo que se supone habrá un aumento en la producción cuando en caso necesario se la implemente (Mufarrege, 2007).

La biodisponibilidad del yodo ha sido definida por Miller y Ammerman (1995) como aquella que puede ser absorbida desde el tracto gastrointestinal, atrapado e incorporado a las hormonas tiroideas, o almacenado en los tejidos

del cuerpo. En el Cuadro 2 se puede observar en términos relativos la biodisponibilidad de las distintas fuentes yodadas.

Cuadro 2. Biodisponibilidad relativa de fuentes yodadas

Fuente	Biodisponibilidad relativa (%)
Yoduro de potasio	100
Yoduro de sodio	100
Yodato de calcio	95 (3)
Acido diyodosalicílico	15 (3)
Dihidro yoduro de etileno diamina	105 (2)
Pentacalcio ortoperiodate	100 (2)

Valores promedios relativos a Yoduro de potasio y sodio.

Número de estudios involucrados se indican entre paréntesis

Según Levander (1986) las concentraciones, en base materia seca (MS) del Se en el forraje, deben ser superiores a 0.1 ppm y cuando son menores a 0.05 ppm provocan daño a la salud y disminuyen la producción. Para el caso del I, se considera una concentración inferior a 0.2 ppm como deficitaria, entre 0.2 y 0.4 ppm como marginal y superior a 0.4 ppm como adecuada (Grace 1989, Mee et al. 1995). Así, cuando las concentraciones en el forraje de uno o ambos elementos minerales son bajas, predisponen a la disminución de las concentraciones de las hormonas tiroideas. Piaggio et al. (2000) reportan valores de concentraciones de Selenio en nuestras pasturas en un rango de 0,06 y 0,11 ppm, dependiendo de la estación del año y las especies vegetales presentes.

En ovinos, concentraciones plasmáticas de T₄ equivalentes al 30% de sus niveles normales son capaces de mantener una adecuada espermatogénesis (Chandrasekhar et al., 1986) y el crecimiento normal de lana (Maddocks et al., 1985).

McDoweel y Conrad (1978) concuerdan en que proveer de suplementos minerales resulta más complicado en ganado en pastoreo; los problemas que implican los programas de suplementación mineral en América Latina incluyen:

- insuficientes análisis químicos e información biológica para determinar cuáles minerales son requeridos y en qué cantidad.

- falta de información acerca del consumo mineral para formular suplementos.
- inexacta o irreal información en los ingredientes minerales de las etiquetas
- suplementos que contienen inadecuadas cantidades minerales o en niveles desequilibrados
- dificultades relacionadas con el transporte, almacenamiento y costo de los suplementos.

2.4. FACTORES QUE AFECTAN LAS CONCENTRACIONES DE YODO

Por lo mencionado anteriormente surge la necesidad de conocer la importancia que tiene el yodo como elemento fundamental en la estructura molecular de las hormonas tiroideas y frente a qué situaciones se está corriendo el riesgo de la falta del mismo en la alimentación de los animales.

- Ubicación geográfica

Tal como lo cita Underwood (1971), desde los primeros tiempos América del Sur ha presentado fructíferos campos para el estudio de zonas con prevalencia de bocio en humanos. Hoy en día la enfermedad es encontrada en casi todos los países de América del Sur, incluido Uruguay; zona Norte más específicamente (Figura 4).



Figura 4. Zonas de mayor (oscura) a menor prevalencia de Bocio en humanos

Fuente: adaptado de Kelly y Snedden (1958).

McDowell et al. (1976) reportan para nuestro país datos de deficiencia de los siguientes minerales: Mg; P; Co; Cu (ó Mo, niveles tóxicos); I y Se.

Con relación a la composición mineral de las pasturas naturales en Uruguay, si bien desde hace más de 60 años se dispone de información nacional, aún no están claras qué regiones, tipos de suelo, pasturas, etc. adolecen más la falta de minerales, en qué momento del año se tornan más críticas para cada categoría y cuáles son los niveles óptimos de suplementación en cada caso (Ungerfeld, 1998).

Pereira et al. (1988) presentan un caso de bocio congénito en ovinos en un establecimiento del departamento de Paysandú, sobre suelos de basalto superficial. En él 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 era normal la falta de suplementación mineral, no constituyendo una excepción en la zona. Dichos autores 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.

Los autores mencionados anteriormente muestran cómo en Uruguay el bocio humano se presenta en ciertas zonas con carácter endémico, Figura 5.

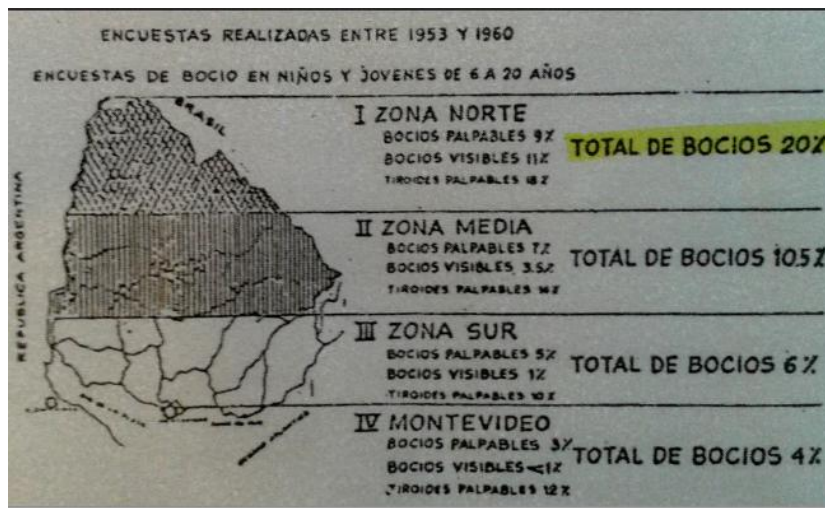


Figura 5. Prevalencia de bocio endémico en humanos en el Uruguay
Fuente: adaptado de Pereira et al. (1988).

El yodo del mar es volatilizado, por lo cual 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).

- Disponibilidad de forraje

El pastoreo en áreas donde la disponibilidad de yodo en el forraje es baja, provoca disminución en las concentraciones de T4 en los animales (Contreras et al., Rijnberk, citados por Matamoros, 2003).

Es sabido que la deficiencia de yodo en ovejas causa bocio en corderos recién nacidos. Esto puede ocurrir como resultado del bajo consumo de yodo o al efecto bociogénico de algunos alimentos (Grace, 1989). Dichos alimentos son aquellos que contienen sustancias que interfieren en la capacidad de la glándula tiroides en 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 como intento de compensar la insuficiente producción de hormonas tiroideas (Berger, 2008). La hipófisis responde con incrementos en la secreción de TSH, la cual induce a una hipertrofia de la tiroides, en un esfuerzo por incrementar los niveles de hormonas tiroideas (Underwood, 1971).

El grado con el que es compensada dicha inhibición dependerá de la dosis de sustancias bociogénicas en el alimento, así como también del nivel de consumo de yodo por parte del 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 se citan como alimentos con efecto bociogénico la harina de soja y la harina de algodón (Mufarrege, 2007).

- Temperatura

La temperatura ambiente, especialmente altas temperaturas, disminuyen la función tiroidea. Premachandra et al. (1958) reportaron que las tasas de secreción de T_4 del ganado lechero durante el invierno eran tres veces superiores a las registradas en verano, mientras que Mixner et al. (1962) encontraron que el yodo unido a proteínas y los niveles de T_4 eran máximos durante la primavera y mínimos en el verano.

- Selenio

Forrajes con deficiencias en selenio provoca disminución de las concentraciones de T_3 (Corah e Ives 1991, Contreras et al. 2002), pudiendo también predisponer a las ovejas a hipotiroidismo (Arthur, 1991).

El selenio es necesario para la síntesis de una proteína requerida para convertir la T_4 en T_3 , la forma metabólicamente más activa. Esta proteína no se encuentra presente en la glándula tiroides, pero es sintetizada en el hígado y el riñón. Este es el motivo de porqué niveles marginales de selenio pueden incrementar los requerimientos de yodo, ya que la tiroides debe sintetizar más T_4 para llegar a tener la misma respuesta metabólica (Berger, 2008). Es así cómo concentraciones de T_4 pueden verse incrementadas frente a deficiencias de Se (Donald et al., 1993).

- Balance energético

Las disminuciones de hormonas tiroideas es un mecanismo de protección del organismo cuando se ve enfrentado a una situación de balance de energía negativo. La severidad del déficit se correlaciona con intensidad de la disminución de T_4 (Vanjonack y Johnson, 1975).

- 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, 2004).

El mismo autor 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.

- Sexo

En animales de cualquier edad, las hembras y las hembras castradas presentan mayores concentraciones de T_4 que los machos y machos castrados (Rijnberk y Kooistra, 2010).

- Edad

Los animales recién nacidos presentan niveles de T_4 más altos que los animales adultos, y los animales viejos 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).

- 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; es errado pensar 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).

- 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).

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 comparado con $98 \pm 82 \mu\text{g/l}$ en leche.

- 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).

- Enfermedades

Hay evidencia de que frente a enfermedades haya aumento de la actividad de la tiroides. Como consecuencia los niveles de T_3 disminuyen de dos maneras: se previene la conversión T_4 en T_3 en lugar de catalizar la conversión T_4 en T_3 y cataliza la degradación de T_3 en $3,3'$ - T_2 .

2.5. PRODUCCIÓN DE LANA

Como mencionan Hynd y Masters (2002), el impacto de la nutrición en el crecimiento de lana en ovejas pastoreando se ha visto reflejado, con períodos de baja disponibilidad de forraje y/o calidad de la pastura, en la reducción total en el crecimiento del vellón. El consumo de nutrientes y los productos obtenidos reflejan los cambios existentes en la dieta de los animales; principalmente con la adición de sustratos esenciales para la síntesis de fibra en los folículos de lana.

Existe una fuerte relación positiva entre el consumo y el crecimiento de lana, aunque la verdadera naturaleza de dicha relación depende de la composición de la dieta, la manera en que se expresa el consumo (MS, MS digestible, materia orgánica digestible), la capacidad genética del animal para producir lana y la metodología utilizada en la medición de dicho crecimiento (Allden y Kempton, citados por Hynd y Masters, 2002). La respuesta que tenga el mismo al consumo se refleja en respuesta al cambio en el suplemento de aminoácidos, energía, minerales y vitaminas a nivel folicular. A su vez, Black, citado por Rodríguez Meléndez (1985) señala que la demora en la respuesta está asociada a una tasa de cambio lenta en la actividad mitótica a nivel del bulbo folicular.

A continuación se darán a conocer las estructuras principales que componen la “fábrica” de lana y la importancia relativa que tienen los nutrientes en la producción de lana, haciendo énfasis en el yodo.

2.5.1. Formación de la fibra

Los autores mencionados anteriormente describen al folículo de lana como una invaginación de la epidermis formada durante la vida fetal, existiendo dos tipos; primarios y secundarios (secundarios originales y secundarios derivados). Independientemente del tipo de folículo, los procesos involucrados en la formación de los mismos son idénticos, aunque la velocidad en que se producen puede diferir. La Figura 6 muestra dos folículos, uno en fase de activo crecimiento, conocida como anagénica y otro en la etapa final de ciclo de formación, conocida como telogénica.

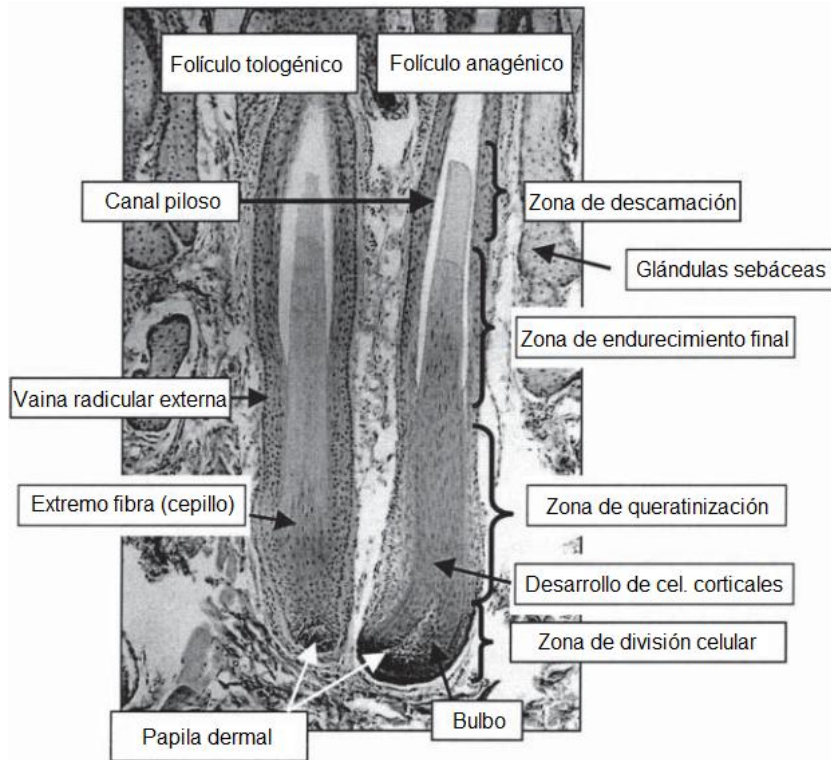


Figura 6. Microfotografía de folículos de lana de oveja Merino
Fuente: adaptado de Hynd y Masters (2002)

La producción de fibra comienza rápidamente con la división de las células en la región germinativa del bulbo. El volumen total de la fibra producida depende en parte en el número total de células presentes en el bulbo y su velocidad de división (Orwin, 1971). El diámetro y largo de las fibras de lana están relacionados positiva e íntimamente con las dimensiones del bulbo y la papila dermal que las originan, independientemente si las diferencias son generadas por genética o por regímenes nutricionales (Hynd, 1994a, 1994b). Evidencias recientes (Hynd y Masters, 2002), afirman la hipótesis de que las células foliculares son mitóticamente activas y por el contrario las células de la papila dermal son inactivas.

2.5.2. Estructura y función de los folículos

Pérez Álvarez et al. (1992) muestran cómo los folículos primarios se disponen de a tres y presentan estructuras accesorias que se describen a continuación, Figura 7.

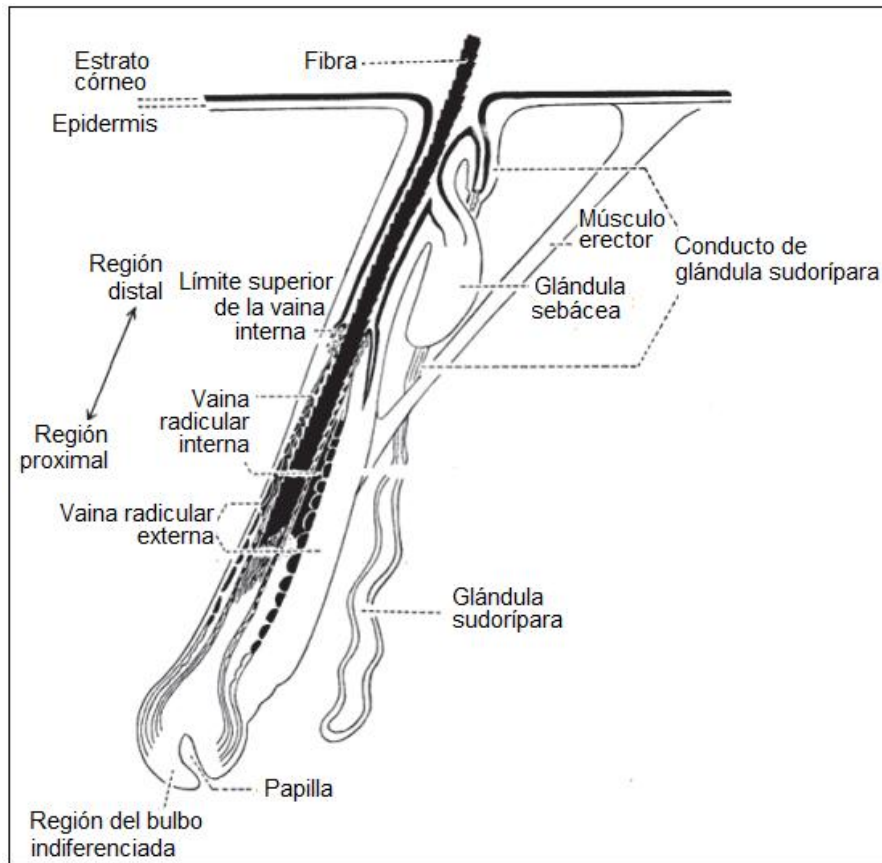


Figura 7. Folículo primario mostrando las principales capas y estructuras accesorias

Fuente: adaptado de Rogers (2006)

Glándula sebácea bilobulada: esta glándula segrega una cera formada por ésteres y ácidos grasos que protege a la piel y la lana contra la humedad, desecación y también actúa como protectora de la penetración y proliferación de bacterias. Esta cera recubre a la fibra e impide el afieltramiento, preserva de daños mecánicos y actúa como repelente del agua.

Glándula sudorípara: esta glándula es la encargada de producir el sudor o suintina, está compuesta por sales de sodio y potasio, urea, aminoácidos lácticos, acético, propiónico, butírico y fumárico. Es soluble en agua fría y de pH alcalino. El sudor protege a la lana de los rayos ultravioletas. Como lo detallan Ryder y Stephenson (1968), la cera y el sudor componen la suarda, encargada de la lubricación de la fibra protegiéndola de agentes externos. El contenido de suarda varía según la región del vellón (mayor contenido en la región del tronco), así como también con la finura de la fibra (fibras más finas tienen mayor contenido de suarda).

Músculo pilierector: 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.

Por otro lado, los folículos secundarios se presentan solos y tienen como única estructura accesoria una glándula sebácea unilobulada. Este tipo de folículo puede ramificarse, formando así folículos secundarios derivados, donde las fibras emergen todas por el mismo orificio hacia la superficie, Figura 8.

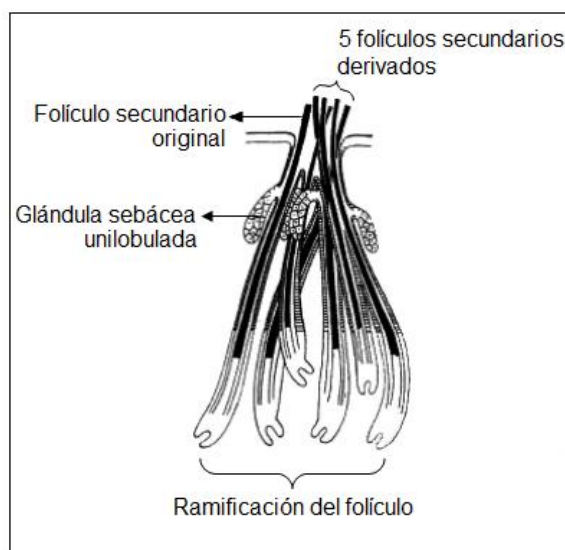


Figura 8. Diagrama de un folículo secundario original y 5 folículos secundarios derivados emergiendo desde un único orificio en común
Fuente: adaptado de Rogers (2006).

Siguiendo el enfoque de Pérez Álvarez et al. (1992), los folículos presentan tres regiones diferenciadas.

Bulbo: dentro de éste se encuentra la papila, la cual comprende un grupo de células rodeadas por capilares sanguíneos. Dentro del bulbo se encuentran las células germinativas, que dan origen a las células de la fibra. Mediante procesos químicos dentro de la célula, ésta se queratiniza y es expulsada, convirtiéndose en parte de la fibra de lana. De esta forma se produce allí un proceso activo de división y diferenciación celular.

Región por encima del bulbo: es la zona de máxima diferenciación celular, donde se produce la queratinización de la fibra. Comienza la reabsorción de componentes de la vaina interna.

Zona superior: descamación de células de la vaina ya degradadas, los residuos de éstas pasan al canal piloso donde son removidos por la fibra que crece y por la cera y el sudor, segregados por la glándula sebácea y sudorípara.

2.5.3. Relación secundario/primario

Al nacimiento existe un número de folículos que no están produciendo fibra. La relación secundario/primario, se ve afectada por varios factores. El principal es la raza, se ha comprobado que el número de folículos primarios no varía significativamente entre razas y la mayor diferencia se debe a la diferencia en el número de folículos secundarios. Una mayor relación secundario/primario implica una mayor densidad folicular, es decir, más secundarios por cada primario (Pérez Álvarez et al., 1992).

Otro factor que afecta dicha relación es la nutrición en el último tercio de gestación y en las primeras semanas de vida, ya que la maduración se ve retardada provocando en algunos casos que algunos folículos no maduren nunca, afectando la producción de lana del animal adulto.

Dado el alto nivel de división celular y síntesis de proteínas en el folículo de lana, uno podría esperar una gran sensibilidad durante los procesos de formación del folículo y crecimiento de lana frente a cambios en la suplementación de la dieta; a nivel de energía, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales. La influencia que ejercen estos nutrientes en el crecimiento de la fibra dependerá de las vías en que operan las células foliculares (Hynd y Masters, 2002).

Los mismo autores mencionan, a nivel del folículo de la lana, los diferentes metabolismos que están involucrados es su crecimiento y desarrollo.

Metabolismo energético: de todas las fuentes energéticas disponibles para el folículo, los sustratos predominantes son glucosa y glutamina (Kealey et al., citados por Hynd y Masters, 2002). A su vez, de toda la glucosa utilizada por el folículo, solo el 10% es oxidado; el 90% restante forma parte del proceso de glicólisis anaeróbica para producir lactato, incluso cuando hay oxígeno presente. Esto se lo atribuye a la necesidad del folículo de seguir produciendo lana incluso cuando los niveles de flujo sanguíneo son bajos y por ende el suministro de oxígeno se ve reducido, situación que se da en respuesta por ejemplo, a bajas temperaturas.

Metabolismo proteico: en la mayoría de los casos el crecimiento de la lana se ve limitado bajo deficiencias en la suplementación de cisteína al folículo. La lana contiene 10% de cisteína en comparación con la presencia de menos del 2% en el resto de los tejidos del cuerpo. Por otro lado, cuando las células comienzan a migrar desde la zona de división celular a la zona de queratinización, el requerimiento de cisteína se incrementa marcadamente con respecto al resto de los aminoácidos.

Vitaminas: su deficiencia podría reducir o inhibir por completo el crecimiento de lana a través de la reducción del consumo del animal y por lo tanto el suministro de sustratos al folículo. De esta forma se inhibe también la actividad de las enzimas involucradas en el metabolismo energético y proteico, se reduce la producción de ácidos nucleicos requeridos en el folículo para la división celular y la síntesis de proteína ó directamente inhibiendo la queratinización (Hynd, 2000).

Minerales: el contenido de minerales en la dieta puede afectar la cantidad y la calidad de la lana, modificando el consumo (sodio, potasio, azufre, magnesio, cobalto y zinc), la fermentación ruminal (azufre, sodio, potasio y cobalto), alterando el metabolismo (zinc, cobre, selenio, yodo y cobalto) (Hynd y Masters, 2002). Si bien la matriz de la lana contiene cantidades significativas de Ca, K, Na, Zn, Cu, Mn, Fe y Se, únicamente el Cu, Zn, I y posiblemente el Se son capaces de alterar la función del folículo y el crecimiento de la lana directamente. Por otro lado existen efectos del azufre y potasio sobre el color de la fibra, del cobalto indirectamente a través de la vitamina B₁₂, afectando también el crecimiento de la fibra y zinc y cobre sobre la función folicular y el crecimiento de lana.

Por su parte, la deficiencia de yodo, produce disminución en la producción de hormonas tiroideas, las cuales interactúan con los factores de transcripción intracelulares para moderar la expresión génica, produciéndose de esta forma desarrollo anormal del folículo en la vida fetal o bajo crecimiento y mala calidad de la fibra en animales adultos (Taylor y Brameld, citados por Hynd, 2000). En corderos recién nacidos se reportó una baja tasa de crecimiento y reducida maduración de células foliculares como consecuencia de falta de yodo (Knights et al. 1979, Potter et al. 1980).

2.5.4. Control hormonal en el crecimiento de lana

Glándula pituitaria: la remoción de esta glándula causa bajo crecimiento de lana. La hormona de crecimiento segregada aquí, produce engrosamiento de

la fibra de lana, aunque no produce cambios en la tasa de crecimiento de la fibra durante el tratamiento (Ryder y Stephenson, 1968).

Glándula adrenal: el mayor efecto de las hormonas segregadas por esta glándula es el enlentecimiento del crecimiento de la fibra de lana. La secreción en esta glándula se da frente a situaciones de estrés o emergencia para el animal. Dicha glándula se encuentra estimulada por la hormona ACTH, proveniente de la glándula pituitaria (Ryder y Stephenson, 1968).

Glándula tiroides: la remoción de esta glándula causa retraso en la maduración folicular en corderos recién nacidos, en animales adultos, la tasa de crecimiento de lana se reduce a la mitad (Ryder y Stephenson, 1968).

Como ya fue mencionado en repetidas ocasiones, el yodo resulta fundamental en la formación de las hormonas tiroideas, la Figura 9 muestra el crecimiento mensual de lana de ovejas Merino bajo diferentes niveles de yodo en la dieta.

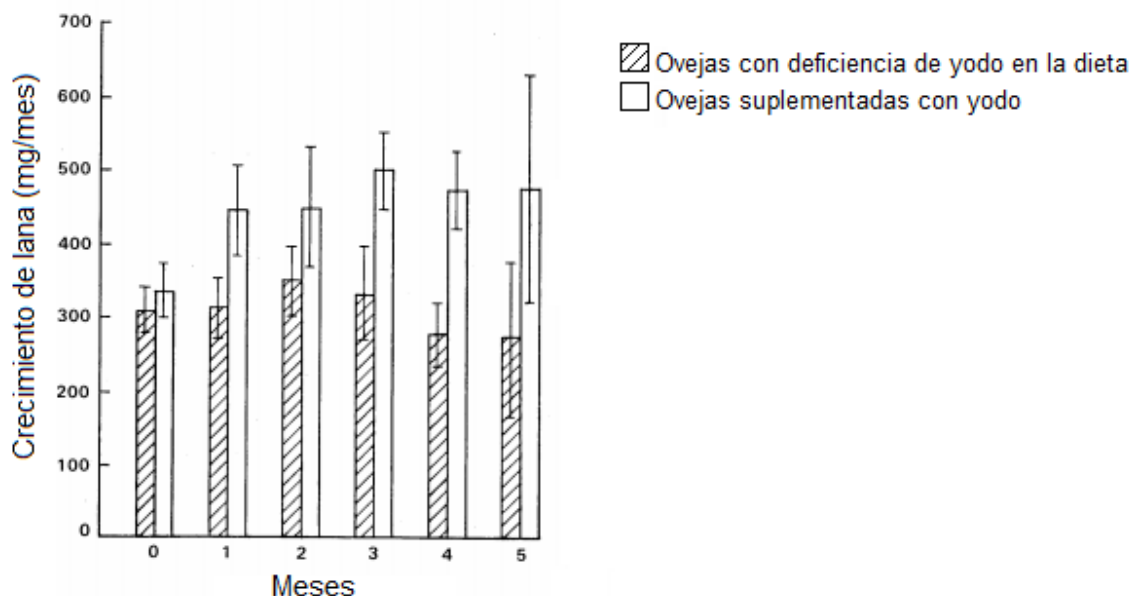


Figura 9. Crecimiento de lana tomado cada 4 semanas en dos grupos de ovejas, recibiendo una dieta deficiente en yodo y suplementadas con yoduro de sodio

Fuente: adaptado de Potter et al. (1980).

El trabajo experimental presentado por Knights et al. (1979) no muestra mejoramiento en el desarrollo folicular en fetos de ovejas suplementadas con yodo durante su preñez y lactancia, aunque sí logra mejoras posteriores

durante el período post natal. Dicha suplementación no logró aumentar los niveles de T_4 en el feto lo suficiente como para acelerar la maduración de los folículos, pero sí logró cambiar los niveles de circulación hormonal durante el amamantamiento, acelerando esta maduración.

2.5.5. Factores que afectan la producción de lana

La producción de lana es afectada por diversos factores clasificados en inherentes al animal y ambientales (Ryder y Stephenson, 1968). De acuerdo a Pérez Álvarez et al. (1992), los primeros se vinculan a la raza del animal y composición genética, mientras que los segundos a su vez se clasifican en internos y externos. Los factores internos son aquellos que influyen sobre grupos limitados de animales, incluso sobre animales individuales.

Edad: la máxima producción de lana se registra entre el segundo y tercer año de vida del animal, luego decrece en un 2 - 4% por año.

Sexo: los machos presentan mayor producción en comparación a los capones y éstos mayor con respecto a las hembras. Esto sucede debido a diferencias en tamaño corporal, diferencias en el alimento consumido y tal vez efectos hormonales.

Efecto materno: los animales hijos de borregas y los nacidos como mellizos producen, al llegar a la edad adulta, entre un 5 y un 10% menos de lana por cabeza que los nacidos únicos o los hijos de ovejas adultas.

Estado fisiológico: la preñez como la lactancia, tienen efecto depresivo en la producción de lana de las ovejas, ya que el crecimiento del feto y la producción de leche tienen preferencia frente a la producción de lana. Corbett, citado por Hynd y Masters (2002) afirma que los efectos reproductivos influyen en el crecimiento de lana tanto directa como indirectamente. Hynd y Masters (2002) concluyen que el crecimiento de lana en respuesta a la nutrición es un reflejo de los cambios en el abastecimiento de nutrientes al folículo de lana, quien responde alterando la tasa, el grado y la forma del proceso de división celular, la expresión de los genes y la síntesis de proteína.

Por otro lado, los factores externos son aquellos que afectan a la majada en su conjunto, ejerciendo acción sobre todos los animales.

Clima: como determinante de la producción de forraje y ésta como determinante de la producción de lana. Desde el momento que el crecimiento de lana está supeditado a los nutrientes que el animal obtiene de las pasturas, es evidente que aquel seguirá la misma tendencia estacional que éstas. Los

períodos de menor producción se obtienen en invierno y los de máxima producción se obtienen en primavera.

Estudios realizados por Fernández Abella et al. (1994) muestran un crecimiento promedio de lana sucia de 0,10; 0,14 y 0,18 g/100 cm² en ovejas Merino Australiano, correspondientes a los meses de junio, julio y agosto respectivamente. El mínimo crecimiento se alcanzó en invierno, coincidiendo con el momento de menor disponibilidad de forraje en los tres años evaluados.

Fotoperíodo: el alargamiento de los días tiene un efecto positivo en el crecimiento de lana en razas de lana larga como Corriedale, Romney y Lincoln. En cambio para razas como el Merino Australiano, las variaciones entre estaciones son poco perceptibles, siendo las diferencias atribuidas a los cambios en los niveles de nutrición.

Temperatura: puede tener efecto indirecto en períodos cortos de tiempo, no mayores a una semana por ejemplo luego de la esquila, donde el consumo de alimento se ve incrementado y por ende la producción de lana. Directamente, cuando la temperatura es mayor, mayor es el crecimiento de la fibra. Si las temperaturas son extremadamente altas, el crecimiento se resiente por disminución en el consumo.

Nutrición pre natal: la nutrición en los últimos dos meses de gestación resulta de importancia en el número de folículos desarrollados por unidad de área, si ésta es baja, el número de folículos desarrollados será menor, determinando una menor producción de lana.

Nutrición en el lanar adulto: la cantidad de nutrientes disponibles en la base del folículo para la producción de lana va a estar determinada directamente por la alimentación que reciba el animal, es importante aclarar que aún con bajos niveles de alimentación continúa la producción de lana, siendo en casos extremos a expensas de las reservas del animal (músculo y grasa).

2.6. CONSIDERACIONES DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La información disponible sobre el contenido de yodo en las pasturas de Uruguay y el efecto de suplementación con dicho mineral en majadas de cría es realmente escueta y de difícil predicción.

Son muy pocos los estudios experimentales que se han llevado a cabo en nuestro país como para poder realizar comparaciones en similares sistemas de producción.

A pesar de que parezca inmedible la cantidad de información que existe acerca de la importancia de la nutrición en la producción animal, aún queda mucho camino por recorrer para poder conocer con exactitud el papel que juegan los micronutrientes en todo esto. Su efecto puede ser tan grande como lo es la dificultad que lleva entender con precisión los efectos directos e indirectos en los que están involucrados.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se llevó a cabo en la zona Norte de nuestro país en el establecimiento “El Totoral”. El mismo se ubica en el km 29,500 de la ruta Nacional No. 31, No. padrón 11700, 6ta. Sección Policial de Salto.

Se desarrollan sobre Basalto, los suelos típicos de la zona son Vertisoles Haplicos y Brunosoles Eutricos Típicos que dan origen a una vegetación marcadamente estival de tipo ordinario (Anexo 1).

El potrero en donde se lleva a cabo el ensayo cuenta con una superficie de 65 ha de campo natural incluyendo un monte de abrigo con buena disponibilidad forrajera, Figura 10.

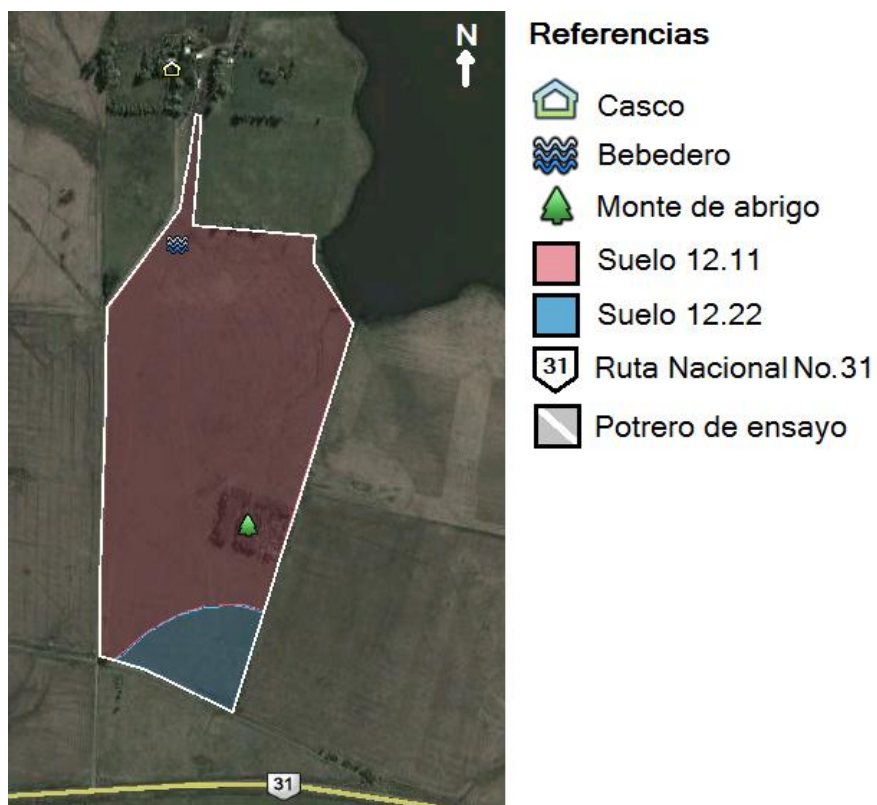


Figura 10. Foto aérea del potrero de ensayo

3.1.1. Condiciones climáticas

Para la caracterización de las condiciones climáticas se tomaron como referencia los datos proporcionados por la Estación Agrometeorológica de Salto (Estación Experimental San Antonio, Facultad de Agronomía). Se detallan las variaciones mensuales de precipitaciones, temperaturas y humedad en los Cuadro 3, 4 y 5 respectivamente.

Cuadro 3. Precipitación acumulada mensual

Mes	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct
PP (mm)	99,6	61	178,4	2,3	43,6	11	138,2	161,7

Cuadro 4. Temperatura media, mínima y máxima

Mes	Mar	abr	may	Jun	jul	ago	sep	oct
T (°C) media	19,8	18,3	14,1	12,2	12,4	11,7	15,9	19,2
T (°C) máx. media	25,8	25,5	19,3	18,2	18,2	18,5	21,8	25,6
T (°C) mín. media	13,7	11,1	8,9	6,4	6,6	4,8	9,9	12,8

Cuadro 5. Humedad relativa

Mes	mar	abr	May	jun	jul	ago	sep	oct
HR (%)	92	82	80	91	89	82	91	89

Considerando que durante el mes de septiembre ocurren las pariciones de encarnadas de abril, estos registros muestran cuán atípico resultó dicho mes, principalmente en cuanto a precipitaciones y humedad, con respecto al comportamiento climático que ha tenido en los últimos 7 años. No se puede decir lo mismo en cuanto a la temperatura ya que las diferencias son insignificantes, Cuadro 6.

Cuadro 6. Comparación de medias

	setiembre 2013	setiembre 2006-12
T (°C) media	15,9	15,6
T (°C) máx. media	21,8	21,5
T (°C) mín. media	9,9	9,7
PP (mm)	138,2	85,7
HR (%)	91	78

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Animales utilizados

Al inicio del ensayo se eligieron al azar 105 animales de 4 a 8 dientes (descartando animales con avanzado desgaste), con un promedio de peso vivo (PV) de 45 kg (34 - 59 kg) y CC 3.25. Se usó un 6% de machos para la encarnerada, correspondiendo a 6 borregos de la misma raza que presentaron una CC promedio de 3.45.

Al comienzo del ensayo y durante el mismo los animales presentaron óptimas condiciones sanitarias. Las prácticas de manejo sanitario corrieron por cuenta del productor y fueron similares al resto de la majada de cría del establecimiento.

3.2.2. Desarrollo del ensayo

El ensayo se inició el día 25 de marzo de 2013. Se armaron tres grupos de 35 ovejas al azar y a cada grupo se lo identificó con un color de caravana distinta (Anexo 2). Dichos grupos conformaron los siguientes tratamientos de alimentación:

- T1, caravana amarilla: campo natural con suplemento de sal mineral con yodo
- T2, caravana azul: campo natural con suplemento de sal mineral sin yodo
- T3, caravana roja: testigo en campo natural

Los animales estuvieron pastoreando un potrero 65 ha. de campo natural durante todo el ensayo, índice CONEAT 162. Al comienzo del ensayo, había una disponibilidad de forraje de 2453 kg MS/ha con una carga correspondiente a 1,29 U.G., mientras que finalizando el mismo (mediados de setiembre) la disponibilidad correspondía a 1530 kg MS/ha, siendo la carga igual a 0,29 U.G. Teniendo en cuenta una tasa de crecimiento promedio de forraje para basalto negro superficial y profundo durante otoño de 9,85 kg MS/ha/d y de 6,7 kg MS/ha/d durante el invierno, se estima un total de 3943 kg MS/ha y un consumo de 2413 Kg MS/ha.

De acuerdo al tratamiento, se les dio una suplementación mineral de 28 días; comenzando una semana previa al inicio de la encarnerada y tres semanas durante las misma.

La suplementación mineral se realizó con una sal comercial, Cobalfosal, cuya composición se detalla a continuación: zinc 16000 ppm, magnesio 2800 ppm, cobre 975 ppm, azufre 734 ppm, manganeso 358 ppm, yodo 47 ppm, cobalto 42 ppm, potasio 15 ppm, selenio 4 ppm, arsénico 10 ppm, plomo 30 ppm, cadmio 5 ppm, mercurio 1 ppm, cromo 2 ppm, uranio 4 ppm. La misma sal, pero sin yodo, fue utilizada para el T2.

La oferta de forraje fue estimada a través del método de doble muestreo. El mismo consta de combinar dos métodos, destructivo y no destructivo. El primero involucra el corte de un número reducido de muestras cuyas características de rendimiento son luego relacionadas, por comparación visual, a un número elevado de muestras (Moliterno, 1997).

El día 26 de marzo se crearon subgrupos, uno por cada tratamiento, de 12 ovejas de similares características de peso, teniendo un peso promedio de 46 kg. A partir de ese momento se les comenzó a hacer un seguimiento diferencial con respecto al resto del grupo, constando el mismo en sangrados y elaboración de parches para extracción de lana periódicamente. A todos los animales se les hace peso y CC a lo largo del ensayo.

El suplemento fue ofrecido todas las mañanas con previa separación de lotes, en corrales individuales por tratamiento a razón de 26 g de sal mineral por oveja (Anexo 3). Una vez suministrado el suplemento se esperó a que finalicen de comer y se traslada todo el grupo nuevamente al campo natural. El porcentaje de rechazo del suplemento es normalmente alrededor del 5%, habiendo ocasiones particulares en donde fue mayor debido a distracciones por trabajo en mangas o la presencia de borregos en época de encarnerada.

Se realizó encarnerada de otoño comenzando la misma el día 1 de abril, teniendo una duración de 45 días. La primera ecografía fue realizada a los 70 días post encarnerada (45 días desde mediados de encarnerada) y la segunda a los 40 días luego de la primera. Se practicó esquila pre parto el 20 de agosto.

El control de partos fue realizado dos veces al día, por la mañana y última hora de la tarde, en donde se registró la caravana de la madre y se identificó el/los cordero/s hijo/s con caravanas sujetas a collares. En todos los casos los corderos fueron pesados, sexados y medidos (altura, largo de cuello y diámetro de cabeza) (ver Anexo 4).

Para tener una mejor visualización de las prácticas llevadas a cabo durante el ensayo, se presenta la Figura 11.

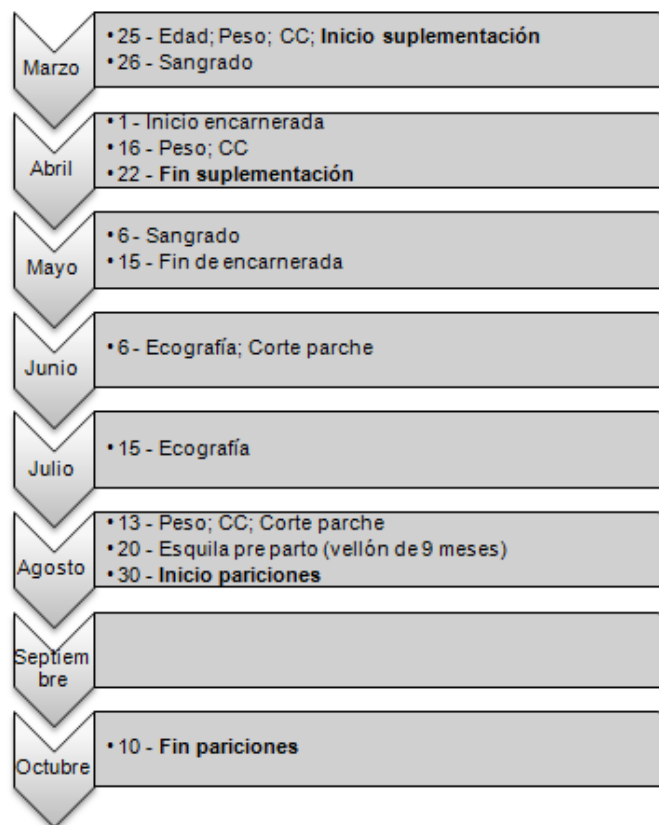


Figura 11. Esquema ilustrativo del manejo de los animales del ensayo

3.2.3. Determinación de TSH

Se les extrajo sangre a las ovejas seleccionadas de cada tratamiento en horas de la mañana, mediante punción de vena yugular, con jeringa de 10 ml y aguja 18G, repitiendo la extracción cada media hora aproximadamente, de 2 a 3 repeticiones (Anexo 5). Cada extracción fue de entre 8 y 10 ml.

Los niveles de TSH se determinaron mediante el uso de la técnica de ELISA, a través del ST AIA-PACK TSH. Este es un análisis inmunoenzimométrico en el cual la TSH presente en la muestra es ligada a un anticuerpo monoclonal (inmovilizado en perlas magnéticas) quien se conjuga con una fosfatasa alcalina bovina. El material magnético se lava para eliminar restos de enzimas que no se hayan conjugado y se incuba con un sustrato fluorogénico. La cantidad de enzima conjugada con el anticuerpo monoclonal que se une a las perlas es directamente proporcional a la concentración de TSH en la muestra de ensayo. Una curva estándar se construye y la concentración hormonal de la muestra se calcula utilizando esta curva. La tasa de fluorescencia producida por la reacción es automáticamente leída y la convierte en $\mu\text{UI TSH/mL}$ (1 ng equivale a 3,2 μUI).

La concentración mínima detectable de TSH por éste método se estima que es de 0,01 $\mu\text{UI/mL}$.

3.2.4. Cálculo de crecimiento y producción de lana

Teniendo en cuenta las técnicas disponibles descritas por Rodríguez Meléndez (1988), se utilizó como técnica para determinar la tasa de crecimiento, el corte y recolección de lana de un área delimitada de la piel. Dicha área (remarcada para futuras extracciones) fue de 100 cm^2 (10 x 10 cm), en la región media del costillar derecho (Anexo 6). Se realizaron dos extracciones de lana, con 68 días de diferencia, siendo cada muestra identificada individualmente y pesada para el cálculo de tasa de crecimiento. Cabe mencionar que el período de crecimiento entre ambas extracciones ocurrieron durante los meses de junio, julio y primeros días de agosto (06/06 al 13/08).

La producción de lana se determinó por peso de vellón entre dos esquilas con diferencia entre ambas de 9 meses.

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se hizo análisis de varianza con MIXED y GLM, provistos por el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002). Se analizaron los datos con un grado de significancia de 0.05.

Se analizaron las siguientes variables continuas: peso vivo, condición corporal, tasa de crecimiento de lana y niveles de TSH.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Previo al análisis del experimento, cabe mencionar que el número de ovejas por tratamiento se vio reducido por factores como muertes, desapariciones y preñeces no detectadas de la encarnerada anterior; difícilmente controlables a nivel de campo, y exacerbados por el hecho de no haberse hecho un control diario desde comienzo a fin del experimento. También hay que tener en cuenta que existieron condiciones climáticas adversas (durante el pico de parición) en las cuales se perdió la exactitud de los registros de los corderos nacidos donde fue necesario realizar supuestos (qué cordero pertenecía a qué madre), por la misma razón no fue posible evaluar la supervivencia neonatal porque se obtuvo una elevada mortalidad de corderos.

Es cuestionable si la cantidad de sal suministrada por animal fue la apropiada a dicha situación, tomando en cuenta que la recomendación surge de haber utilizado como base los requerimiento del NRC, 0,1-0,8 mg/kg MS, rango que abarca varias categorías de animales (desde ovejas en crecimiento y adultas no lactantes a ovejas lactantes) siendo esto muy poco preciso al tratarse de la corrección de deficiencia de microminerales.

Por otro lado, también es discutible si la duración de la suplementación fue suficiente para lograr tener un efecto notorio, ya que no hay certeza acerca de cuál sería el período adecuado para llevar a cabo una suplementación mineral.

Por último la fuente yodada utilizada, yoduro de potasio, fue la adecuada ya que es considerada dentro de las más biodisponibles (Miller y Ammerman, 1995).

4.1. PESO VIVO Y CC DE OVEJAS

Los valores presentados en el Cuadro 7 son promedio de tres mediciones de peso, alternadas en el tiempo durante el período experimental; los mismos no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), considerando en su análisis estadístico no sólo la media aritmética sino también como covariable el tiempo transcurrido entre una medición y otra.

Cuadro 7. Peso vivo promedio de ovejas por tratamiento.

Tratamiento	Peso (kg)
Con yodo (T1)	45,97± 0,82 a
Sin yodo (T2)	45,44± 0,81 a
Testigo (T3)	45,39± 0,81 a

p<0,05

Capen et al. (1991) citan a la T₄ como responsable de la pérdida de peso corporal como consecuencia de una mayor oxidación de lípidos. Teniendo en cuenta esto, se esperaba que aquellos animales con deficiencias de yodo (T2 y T3), y por ende con baja capacidad de síntesis de T₄, presentarían mayores pesos que el tratamiento de suplementación con yodo. Este trabajo, si bien no reflejó lo antedicho, arrojó valores razonables ya que tal vez las diferencias en niveles de yodo entre tratamientos no eran tan significativas como para verse reflejado en una diferencia de peso corporal.

Por otro lado, al no existir información concreta acerca de qué efecto podría llegar a tener la suplementación con yodo en la C.C. de animales suplementados, es difícil poder predecir cuales podrían haber sido los resultados. Sin embargo, siguiendo la línea de razonamiento del efecto sobre el peso, se conocen efectos indirectos del yodo sobre el metabolismo de los animales que estarían incrementando el uso de los carbohidratos, aumentando el catabolismo de las proteínas y la oxidación de grasa. Por este motivo se esperaría una pérdida en condición corporal en ovejas suplementadas frente a las deficientes en yodo, Cuadro 8.

Cuadro 8. Condición corporal promedio de ovejas por tratamiento

Tratamiento	C.C
Con yodo	3,25± 0,12 a
Sin yodo	3,24± 0,12 a
Testigo	3,28± 0,12 a

p<0,05

Aun así, al no mostrarse diferencias significativas (p<0,05) entre los tratamientos, se cree que podría haber existido un comportamiento similar al del peso, en donde las diferencias en los niveles de yodo no fueron tan marcadas como para llegar a incidir sobre la C.C. de los animales.

4.2. NIVELES DE TSH

En el Cuadro 9 se presentan los niveles promedio de TSH por tratamiento obtenidos a partir de la extracción de sangre.

Cuadro 9. Niveles promedio de TSH en sangre

Tratamiento	TSH ($\mu\text{UI/ml}$)
T1- Con yodo	0,061 \pm 0,0066 a
T2- Sin yodo	0,017 \pm 0,0059 b
T3- Testigo	0,011 \pm 0,0058 b

Letras diferentes marcan dif. sig. a la 0,05

Las diferencias significativas ($p < 0,05$) en niveles de TSH entre tratamientos reflejan resultados similares a los presentados por Clark et al. (1998) donde aquellas ovejas bajo efecto de suplementación con yodo aumentan la actividad de síntesis de T3 y T4. En este caso, el aumento de actividad se ve reflejado con los niveles altos de TSH. Esto podría estar reafirmando el hecho de que existan deficiencias de yodo en la zona, ya que si no las hubiera, el hecho de suplementar o no, no hubiese mostrado diferencias estadísticas.

Otra forma de analizar el nivel de actividad hormonal fue a través del conteo de picos registrados en cada oveja por extracción y la magnitud promedio de los mismos. Por pico/s se entiende aquel o aquellos valores (de los tres extraídos) de magnitud superior, considerándose similares valores con una diferencia máxima de 0,001 $\mu\text{UI/mL}$, valores detallados en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Número y magnitud de picos promedio registrados

Tratamiento	Promedio picos registrados	n	Magnitud promedio de picos ($\mu\text{UI/ml}$)	n
Con yodo	0,94	16	0,072	15
Sin yodo	1,00	19	0,031	19
Testigo	0,89	18	0,023	16

Si bien no se observan diferencias claras en el promedio de los picos, sí se registra una leve tendencia a una mayor cantidad de los mismos en aquellas ovejas suplementadas con sal. Por otro lado la magnitud promedio de los mismos sí mostró un efecto notorio, incrementando el nivel de TSH en ovejas suplementadas con yodo.

Es importante destacar que el número de picos registrados varió entre 0, 1 y 2 y la magnitud de los mismos presentó una altísima variabilidad entre tratamientos y ovejas dentro de cada tratamiento (Anexo 7).

4.3. PRODUCCIÓN DE LANA

Potter et al. (1980), muestran que ovejas Merino suplementadas con yodo presentan crecimiento de lana significativamente mayor a aquellas con deficiencia de yodo en la dieta.

A su vez, resultados experimentales de Knights (1979) muestran que los corderos de madres suplementadas presentaron valores de tasa de crecimiento de hasta 1,7 veces más. Es así como, tomando a los corderos como reflejo del nivel nutricional (mineral) de sus madres, se esperaría encontrar un comportamiento similar, pero quizá no en igual magnitud, en los valores de tasa de crecimiento de lana. Por otro lado, y de la mano con lo anteriormente mencionado, existen estudios de Maddocks et al. (1985) que afirman que concentraciones del 30% de T₄ en sangre son suficientes para lograr un crecimiento normal de lana, lo cual explicaría los resultados que se obtuvieron (Cuadro 11), siempre y cuando los niveles de yodo no provoquen deficiencias menores a ese porcentaje.

Cuadro 11. Tasa de crecimiento de lana para cada tratamiento

Tratamiento	Tasa Crecimiento lana (g/100 cm ² /d)
Con yodo	0,118± 0,0248 a
Sin yodo	0,125± 0,0266 a
Testigo	0,122± 0,0352 a

p<0,05

Los resultados presentados en el Cuadro 11 muestran que no hubo diferencias estadísticas (p<0,05) entre tratamientos con respecto a tasa de crecimiento de lana. A pesar de esto, son varios los motivos que podrían explicar los resultados obtenidos. En primer lugar se consideró un único período de crecimiento de lana; repeticiones de muestreo serían fundamentales para poder ver el comportamiento de dicha variable en el correr del tiempo (un solo período podría estar afectado por factores externos que no permitieron ver claramente el efecto de la suplementación). En segundo lugar, como fue mencionando anteriormente no hay certezas acerca de cuál sería el período y momento adecuado de suplementación mineral en ovejas de cría para que

exista una respuesta a la misma, siendo en este caso, aumento en la tasa de crecimiento de lana. En tercer lugar el efecto retardado de la tasa de crecimiento de la lana, frente a la suplementación, como señala Black, citado por Rodríguez Meléndez (1986).

4.4. DISTRIBUCIÓN DE PARTOS

A simple vista no se logra identificar diferencias entre los tratamientos, Figura 12, en cuanto a largo de la gestación. Cada cuadrado del cuadro presentado es el registro de un parto, cabe destacar que hubo 6, 4 y 2 partos correspondientes a los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente que no fueron registrados por dificultades frente a inclemencias del tiempo.

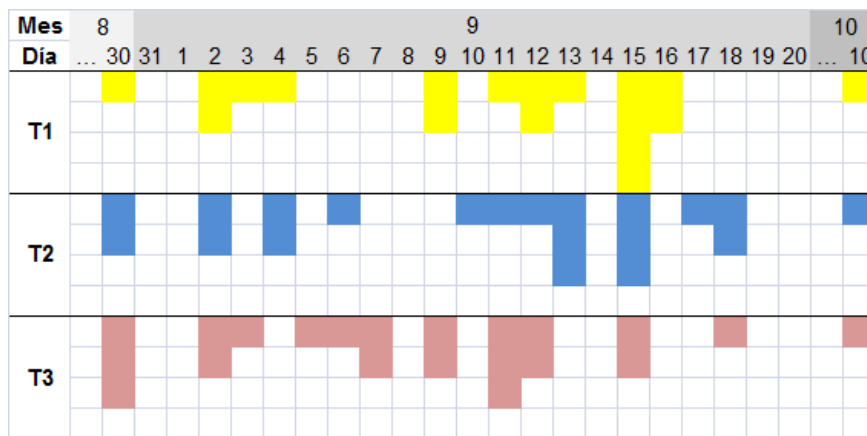


Figura 12. Calendario de partos de los distintos tratamientos

Hay que tener en cuenta que no se descarta la posibilidad de un efecto en el largo de la gestación debido a la inexactitud en el día en que las ovejas fueron preñadas. Esto perfectamente podría conocerse si se hubiera utilizado inseminación artificial.

4.5. PESO DE CORDEROS

Si tomamos como referencia el trabajo presentado por Clark et al. (1998) y consideramos la época y largo de suplementación, los resultados observados fueron acordes a los esperados; donde suplementar entorno a la encarnerada y aprox. durante un mes, no provocaría efectos significativos ($p < 0,05$) en peso al nacer en los corderos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Peso vivo promedio de corderos al nacer, hijos de madres correspondientes a cada tratamiento

Tratamiento madres	N	Peso al nacer corderos (kg)
Con yodo	20	4,30± 0,6820 a
Sin yodo	19	4,23± 0,7396 a
Testigo	22	3,94± 1,0871 a

p<0,05

Sin embargo, Knights et al. (1979) mostraron respuesta en peso al nacer en hijos de madres suplementadas previo al parto, dándonos entonces indicios de que para que exista efecto en el peso de los corderos, el momento de suplementación jugaría un rol fundamental.

Cuadro 13. Resumen de indicadores reproductivos según tratamiento

Indicador	Con yodo	Sin yodo	Testigo
Preñez (%)	79,3 a	85,7 a	88,8 a
Parición (%)	96,5 a	92,8 a	92,6 a
Prolificidad (%)	112 a	104 a	104 a

p<0,05

No se observan diferencias significativas en los parámetros reproductivos ($p > 0,05$, Cuadro 13). No se observa una leve tendencia a mejorar la prolificidad y por ende la fecundidad (parición). Según Aschbacher (1968), problemas de infertilidad han sido disminuidos a través de suplementación con yodo. En nuestro caso las ovejas presentaron buenos índices de fertilidad, como normalmente existen en el país, salvo en el caso de las borregas 2 dientes, edad en la cual presentan menores índices como afirma Fernández Abella (2008).

La prolificidad, al igual que el porcentaje de parición, mostró resultados esperables. Si consideramos que no existen deficiencias energéticas y proteicas en la dieta, la suplementación con yodo estaría regulando adecuadamente el metabolismo energético y proteico, fundamental para que exista un adecuado reclutamiento folicular y se minimice el porcentaje de atresia, como lo menciona Fernández Abella (1994). Reafirmando lo anteriormente dicho, Clark et al. (1998) obtuvieron 64 y 56% en tasa mellicera en ovejas suplementadas y no suplementadas con yodo respectivamente.

5. CONCLUSIONES

El hecho de que las deficiencias en nuestro país sean marginales, dificulta fuertemente la predicción del impacto alcanzable a través de la suplementación mineral. Esta dificultad seguirá siendo exacerbada mientras no se establezcan con exactitud los requerimientos de minerales de acuerdo a las distintas categorías animales.

Bajo las condiciones en que fue realizado el experimento, el suministro de 26 g de sal yodada durante 28 días entorno a la encarnerada, no logró establecer diferencias significativas en peso vivo, condición corporal, tasa de crecimiento de lana y parámetros reproductivos entre ovejas suplementadas y no suplementadas, así como tampoco el peso vivo al nacer de corderos de dichas madres. Las limitantes de llevar a cabo un experimento a campo han hecho que los resultados obtenidos no lleguen a explicar con exactitud el efecto que provoca el yodo tanto a nivel productivo como reproductivo. Sí está claro que la suplementación logra aumentar a nivel metabólico los niveles de TSH en aquellos animales suplementados y por ende aumentar la síntesis de las hormonas tiroideas.

Es clara la necesidad de continuar con los estudios sobre el efecto que causa la suplementación con yodo, siendo fundamental las condiciones controladas de dichos animales para dejar fuera errores tan importantes como el efecto ambiental y nutricional de la majada; asegurándose que todos los requerimientos nutricionales estén cubiertos, a excepción del yodo para poder evaluar su efecto individual. También podríamos considerar suplementaciones más prolongadas antes del servicio (2 meses o más) y/o previo al parto.

6. RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de la suplementación con yodo sobre la fertilidad, porcentaje de preñez, producción de lana y variación del contenido de TSH en sangre. Para esto se compararon tres tratamientos bajo diferente régimen de suplementación (T1, 26 g/an/d sal yodada; T2, 26 g/an/d sal sin yodo y T3, testigo) sobre campo natural a 105 ovejas Merino Australiano durante una semana previa al inicio de la encarnerada y tres semanas posteriores a la misma. No se encontraron diferencias significativas en cuanto a peso vivo y condición corporal de las ovejas, ni en la tasa de crecimiento de lana o peso vivo al nacer de corderos. Los parámetros reproductivos tampoco fueron afectados. La suplementación con yodo sí marcó diferencias significativas aumentando los niveles de TSH en sangre. Para determinar su efecto habría que realizar un experimento con un periodo mayor de suplementación, realizar un mejor control y ser más preciso en el manejo y extracción de datos.

Palabras clave: Ovinos; Suplementación; Yodo; TSH; Crecimiento de lana.

7. SUMMARY

The aim of the experiment is to determine the effect of iodine supplementation on fertility, pregnancy rate, wool growth and TSH content variation in blood. It results from the comparison of three treatments under different supplementation regimen (T1, 26 g/an/d iodized salt; T2, 26 g/an/d salt without iodine and T3, control) over natural grassland on 105 Australian Merino ewes during one week prior to the start of the mating and three weeks after it. No significant differences were found in terms of live weight, body conditions and wool growth rate on ewes or in live weight in lambs, at birth. Reproductive parameters were not affected either. Iodine supplementation did show significant differences by increasing TSH levels in blood. In order to determine its effect it would be necessary to do an experiment in a longer supplementation period, make a better control and be more precise in the handling and data extraction.

Key words: Ewes; Supplementation; Iodine; TSH; Wool growth.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Arthur, J. R. 1991. The role of selenium in thyroid hormone metabolism. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 69 (11): 1648-1652.
2. Aschbacher, P. W. 1968. Thyroid physiology in lambs as affected by iodine supplementation of the pregnant ewe's diet. *Journal of Animal Science*. 27: 127-130.
3. Aumont, G.; Lamand, M.; Tressol, J. C. 1989. Iodine nutrition in ewes: effect of low to high iodine intake on iodine content of biological fluids in pregnant and lactating ewes. *Reproduction Nutrition Development*. 29: 113-125.
4. Berger, L. L. 2008. Iodine deficiency in sheep. *Salt and Trace Minerals*. 40 (3): 1-3.
5. Berretta, E. J. 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).
6. Boron, W. F. 2003. *Medical physiology; a cellular and molecular approach. Synthesis of thyroid hormones*. 2nd. ed. s.l., Elsevier/Saunders. 1300 p.
7. Brown-Grant, K. 1966. Concentration of radioiodide by the uterus of the rat and the relationship to blastocyst implantation. *Journal of Physiology*. 184 (2): 418-432.
8. Capen, C. C.; Martin, S. L. 1991. Glándula tiroides; estructura y función de la glándula tiroides. In: Mc Donald, L. E. ed. *Endocrinología veterinaria y reproducción*. México, Pineda. pp. 56 – 89.

9. Chandrasekhar, Y.; D'occhio, M. J.; Setchell, B. P. 1986. Reproductive hormone secretion and spermatogenic function in thyroidectomized rams receiving graded doses of exogenous thyroxine. *Journal of Endocrinology*. 111: 245–253.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Donald, G.E.; Langlands, J. P.; Bowles, J. E.; Smith, A. J. 1993. Subclinical selenium insufficiency. 4. 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.
15. Fernández Abella, D.; Saldanha, S.; Surraco, L.; Villegas, N.; Hernández Russo, Z.; Rodríguez Palma, R. 1994a. Evaluación de la variación estacional de la actividad sexual y crecimiento de lana en cuatro razas ovinas. *Boletín Técnico de Ciencias Biológicas*. 4: 19-43.
16. _____. 1994b. Principios de fisiología reproductiva ovina; regulación neuroendócrina de la reproducción. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 19-48.

17. Fernández Abella, D. 2008. Manual de inseminación artificial por vía cervical en ovinos. Montevideo. Hemisferio Sur. 77 p.
18. Gaggero, J.; Muttoni, M.; Rodríguez, B. 2006. Correlaciones fenotípicas entre características de la piel y calidad de la lana en cuatro cabañas pertenecientes al núcleo Merino Fino. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 75 p.
19. García Sacristán, A.; Castejón, F.; de la Cruz, L. F.; González, J.; Murillo, M. D.; Salido, G. 1995. Fisiología veterinaria. Madrid, McGraw-Hill/Interamericana. 1074 p.
20. Grace, N. D. 1989. The mineral requirements of grazing ruminants. 2nd. ed. Hamilton, New Zealand, New Zealand Society of Animal Production. s.p. (Occasional publication no. 9).
21. Healy, W. B.; McCabe, W. J.; Wilson, G. F. 1970. Ingested soil as a source of microelements for grazing animals. New Zealand Journal of Agricultural Research. 13 (3): 503-521.
22. Hidioglou, M. 1979. Trace element deficiencies and fertility in ruminants; a review. American Dairy Science Association. 62 (8): 1195-1206.
23. Hynd, P. I. 1994a. Follicular determinants of the length/diameter ratio at two levels of nutrition. Australian Journal of Agricultural Research. 45: 1137-1147.
24. _____. 1994b. 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.
25. _____. 2000. The nutritional biochemistry of wool and hair follicles. Animal Science. 70: 181-195.

26. _____.; Masters, D. G. 2002. Nutrition and wool growth. In: Freer, M.; Dove, H. eds. Sheep nutrition. Wallingford, Oxon CABI. pp. 165-187.
27. INAC (Instituto Nacional de Carnes, UY). 2013. Anuario estadístico 2013. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 27 abr. 2014. Disponible en http://www.inac.gub.uy/innovaportal/v/9245/1/innova.net/anuario_estadistico_2013
28. 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.
29. Kelly, F. C.; Snedden, W. W. 1958. Prevalence and geographical distribution of endemic goitre. *Bulletin of the World Health Organization*. 18: 5-173.
30. Knights, G. I.; O'Rourke, K. O.; Hopking, P. S. 1979. Effects of iodine supplementation of pregnant and lactating ewes on the growth and maturation of their offspring. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 19: 19-20.
31. Lavander, O. A. 1986. Selenium. In: Mertz, W. ed. Trace elements in human and animal nutrition. 5th. ed. New York, Academic Press. v.2, pp. 209-266.
32. Lindsay, D. R. 1976. The usefulness to the animal producer of research findings in nutrition on reproduction. *Proceedings of Australian Society of Animals Production*. 9: 217-224.
33. McDonald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh J. F. D.; Morgan, C. A. 1999. *Nutrición Animal*. 5a. ed. Zaragoza, Acribia. 575 p.
34. McDowell, L. R.; Fick, K. R.; Houser, R. H.; Conrad, J. H.; Loosli, J. K. 1976. Meeting mineral requirements for grazing livestock in the tropics. In: International Symposium (1st., 1976, Utah State

University, Logan, Utah). Proceedings. Gainesville, FL, USA, s.e. pp. 374-379.

35. _____.; Conrad, J. H. 1978. Ruminant nutrition; selected articles from the World Animal Review, trace mineral nutrition in Latin America. (en línea). Rome, FAO. s.p. Consultado abr. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/004/X6512E/X6512E18.htm#ch18>
36. 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.
37. Maddocks, S.; Chandrasekhar, Y.; Setchell, B. P. 1985. Effect on wool growth of thyroxine replacement in thyroidectomized Merino rams. Australian Journal of Biological Science. 38: 405-10.
38. Matamoras, R.; Contreras, P. A.; Wittwer, F.; Mayorga, M. I. 2003. Hipotiroidismo en rumiantes. Revisión bibliográfica. Archivos Médicos Veterinarios. 35: 1-11.
39. Mee, J. F.; Rogers, P. A.; O'Farrell, K. J. 1995. Effect of feeding a mineral-vitamin supplement before calving on the calving performance of a trace element deficient dairy herd. Veterinary Record. 137: 508-512.
40. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2013. Anuario estadístico agropecuario. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 27 abr. 2014. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,754,O,S,0,MNU;E;27;9;MNU;>
41. _____. PRENADER (Proyecto de Manejo de los Recursos Naturales y Desarrollo del Riego). s.f. Coneat digital. (en línea). Montevideo.

s.p. Consultado 14 abr. 2013. Disponible en <http://www.prenader.gub.uy/coneat>.

42. Miller, E. R.; Ammerman, C. B. 1995. Iodine bioavailability. In: Ammerman, C. B.; Baker, D. H.; Lewis, A. J. eds. Bioavailability of nutrients for animals; amino acids, minerals, and vitamins. San Diego CA, Academic Press. pp. 157-167.
43. 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.
44. Moliterno, E. A. 1997. Estimación visual de la disponibilidad de forraje en pasturas; principios y usos de un método de doble muestreo. *Cangüé*. no. 9: 1-32.
45. Mufarrege, D. J. 2007. El yodo en la ganadería (en línea). *Revista INTA*. no. 419: 1-3. Consultado 5 may. 2014. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/29-iodo.pdf
46. 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.
47. Orwin, D. F. G. 1971. Cell differentiation in the lower outer root sheath of the Romney wool follicles; a companion cell layer. *Australian Journal of Biological Sciences*. 24: 989-999.
48. Pereira, D.; Rivero, R.; Féola, R. 1988. Bocio hiperplásico congénito ovino. *Sociedad de Medicina Veterinaria del Uruguay*. 24 (101-102): 13-19.
49. Pérez Álvarez, E.; Methol, R.; Coronel, F. 1992. Apuntes de lanares y lanas; la lana. 3ª ed. reimp. Montevideo, Multigraf. 53 p.

50. Piaggio, L.; Uriarte, G.; García, P.; Cuenca, L.; Podestá, C.; McDowel, L. R. 2000. Caracterización de pasturas naturales sobre Cretácico como base para formulación de suplementos minerales; disponibilidad de materia seca, calidad y composición mineral. In: Congreso Mundial de Buiatría (21°.), Jornadas Uruguayas de Buiatría (28as, 2000, Punta del Este). Resúmenes. Montevideo, SMVU. p. 148.
51. _____.; Uriarte, G. 2005. Nutrición mineral de los ovinos en pastoreo en el Uruguay. *Producción Ovina*. no. 17: 5-20.
52. Pigurina, G.; Soares de Lima, J. M.; Berretta, E. 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. 113-122 (Serie Técnica no. 102).
53. Piper, L. R.; Bindon, B. M.; Wilkins, J. F.; Cox, R. J.; Curtis, Y. M.; Cheers, M. A. 1980. The effect of selenium treatment on the fertility of Merino sheep. *Animal Production in Australia*. 13: 241-244.
54. Potter, B.J.; Jones, G. B.; Buckley, R. A.; Belling, G.B.; McIntosh, G. H.; Hetzel, B. S. 1980. Production of severe iodine deficiency in sheep using a prepared low-iodine diet. *Australian Journal of Biological Sciences*. 33: 53-61.
55. Premachandra, B. N.; Pipes, G. W.; Turner, C. W. 1958. Variations in thyroxine secretion rate of cattle. *Journal of Dairy Science*. 41: 1609-1615.
56. Rijenberk, A.; Kooistra, H. S. 2010. Thyroids. In: Rijenberk, A.; Kooistra, H. S. eds. *Clinical endocrinology of dogs and cats*. 2nd. ed. Hannover, DE, Schlütersche Verlagsgesellschaft. pp. 55-91.
57. Rodríguez Meléndez, A. 1986. Principales factores que afectan la producción de lana. In: Seminario Técnico de Producción de Lana

(2º, 1986, Salto, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, SUL. pp. 43-64.

- 58._____. 1988. Evaluación del crecimiento de lana. Técnicas disponibles y su apropiada elección. Producción Ovina. no. 1: 15-24.
- 59.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.
- 60.Rosengurtt, B. 1976. Campos pedregosos. Paysandú, Facultad de Agronomía. 11 p.
- 61.Ryder, M. L.; Stephenson, S. K. 1968. Wool growth. London, Academic Press. 805 p.
- 62.Salgado, C. 2012. Ovinos; mejora en la tasa de señalada. (en línea). s.l., Tiempo agrario.com. s.p. Consultado 27 abr. 2014. Disponible en <http://www.tiempoagrario.com/ovinos-mejora-tasa-de-senalada/>
- 63.Sargison, N. D.; West, D. M.; Clark, R.G. 1998. The effects of iodine deficiency on ewe fertility and perinatal lamb mortality. *New Zealand Veterinary Journal*. 46 (2): 72-75.
- 64.Tveita, B.; Lingaasb, F.; Standala, N. 1990. Thyroid function in heifers measured by hormone levels before and after injection of thyrotropin releasing hormone. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 40 (2): 175-181.
- 65.Underwood, E. J. 1971. Trace elements in human and animal nutrition; Iodine. 3rd. ed. Nedlands, Western Australia, Academic Press. pp. 281-315.
- 66.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.

67. 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.
68. White, C. L.; Masters, D. G.; Peter, D. W.; Purser, D. B.; Roe, S. P.; Barners, M. J. 1997. The sulfur and selenium status of pregnant ewes grazing Mediterranean pastures. *Australian Journal of Agricultural Research*. 48: 1081-1087.

9. ANEXOS

Anexo 1. Porcentaje y descripción de grupos de suelos CONEAT

	Grupo	Índice	Área (%)
	1.21	86	11.80
	12.11	162	58.46
	12.22	151	29.74

1.21. El relieve de este Grupo es de lomadas fuertes (Pendientes de 3 a 6%) incluyendo también pequeños interfluvios y valle. La rocosidad y/o pedregosidad oscilan de 2 a 6%. Los suelos dominantes que ocupan de 50 a 75% de la superficie son: Litosoles Eútricos Melánicos, de colores negros a pardo oscuro y a veces pardo rojizos y rojos (rodicos) y Brunosoles Eútricos Típicos de profundidad moderada, (Praderas Negras mínimas y Regosoles) y superficiales (Regosoles). Las características de los suelos son: color pardo muy oscuro a negro, textura franco arcillo limosa, con gravillas de basalto en todo el perfil, alta fertilidad natural y moderadamente bien drenados. Los suelos asociados, que ocupan de 25 a 50% de la superficie son: Litosoles Subeútricos Melánicos de textura franca muy superficiales, rodicos, (Litosoles rojos) y 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. También como asociados aparecen Brunosoles Eútricos Típicos (Praderas Negras mínimas) y Vertisoles Háplicos (Grumosoles). El uso actual es pastoril, aunque hay algunas zonas dentro de este grupo donde se hace agricultura. Este grupo integra la unidad Curtina de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F.). Se distribuye en toda la región basáltica, pudiéndose mencionar como zona típica la Ruta 31, en las inmediaciones del Arroyo Valentín Chico.

12.11. El relieve es de lomadas suaves (1 a 3% de pendientes) con valles cóncavos asociados. Incluye también interfluvios ondulados convexos. Los suelos dominantes son Vertisoles Háplicos (Grumosoles) y Brunosoles Eútricos Típicos (Praderas Negras mínimas). Como suelos asociados, ocupando las pendientes más fuertes, se encuentran Vertisoles Háplicos (Grumosoles), moderadamente profundos, Brunosoles Eútricos Típicos moderadamente profundos (Praderas Negras superficiales) y superficiales (Regosoles) y Litosoles Eútricos Melánicos (Litosoles Negros, a veces pardo rojizos). El uso actual es pastoril agrícola. En este grupo hay áreas donde se puede incentivar la agricultura, aunque los suelos presentan limitaciones. Se

corresponde con la unidad Itapebí - Tres Árboles de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F). Se pueden mencionar como zonas típicas los alrededores de Tomás Gomensoro, Itapebí, Laureles y Palomas.

12.22. El relieve es de lomadas fuertes (3 a 6% de pendiente) y suaves (1 a 3%), con valles cóncavos asociados. Incluye también interfluvios ondulados convexos. Los suelos dominantes son Vertisoles Háplicos (Grumosoles) y Brunosoles Éutricos Típicos (Praderas Negras mínimas). Como suelos asociados ocupando las pendientes mayores, se encuentran suelos de menor profundidad: Vertisoles Háplicos (Grumosoles) moderadamente profundos, Brunosoles Éutricos Típicos moderadamente profundos y superficiales (Praderas Negras superficiales y Regosoles) y Litosoles Éutricos Melánicos (Litosoles Negros). El uso actual es pastoril, pero existen áreas donde se puede hacer agricultura aunque con limitaciones. Se corresponde con la unidad Itapebí - Tres Árboles de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F).

Anexo 2. Selección e identificación de ovejas, 25 de marzo 2014



Anexo 3. Suplementación diaria de ovejas T3, 12 de abril 2014



Anexo 4. Identificación, peso y medición de corderos mellizos



Trat. madres	CORDERO							
	Carav.	Peso (kg)	Sexo*	Altura (cm)	Largo (cm)	Circunferencia cabeza (cm)	Largo cuello (cm)	Fecha nacimiento
1	9743	3,820	M	38	40	30	9	13-sep.
	3	2,920	H	29	38	28	8	13-sep.
	9672	4,700	H	26	43	28	9	15-sep.
	9610	4,960	H	39	51	30	11	02-oct.
	72	4,300	M	42	48	29	10	30-ago.
	51	3,920	M	35	43	29	8	12-sep.
	44	4,260	H	37	45	28	9	02-sep.
	9741	4,580	M	35	36	26	7	15-sep.
	9719	4,480	H	37	41	29	9	16-sep.
	42	4,300	M	39	41	28	11	03-sep.
	34	3,460	H	36	40	26	8,5	11-sep.
	26	4,080	H	39	43	29	10	11-sep.
	62	3,740	H	41	43	29	10	11-sep.
	10	4,350	M	37	40	29	9	09-sep.
	s/carav	5,080	M	40	45	30	8	12-sep.
	9656	4,640	H	38	42	29	9	04-sep.
	6	5,700	M	41	40	34	9	15-sep.
	111	3,060	M	35	35	29	8	16-sep.
	s/carav	4,820	H	40	45	28	8,5	10-oct.
	s/carav	4,840	H	35,5	38,5	29	8	s/d
2	36	3,920	M	33	40	28,5	8	10-sep.
	5329	5,470	H	40	66	30	11	02-sep.
	18	4,440	s/d	37	39	30	10	13-sep.
	9632	3,560	s/d	31	39	29	8	17-sep.
	78	4,060	H	40,5	46,5	28	9	02-sep.
	31	4,680	M	40	45	29,5	9	06-sep.
	83	4,660	H	38	44	31	8	12-sep.
	723	5,880	H	38	47	31	9	13-sep.
	9742	4,560	M	38	40	28	10	18-sep.
	9711	4,980	H	41	40	29	10	15-sep.
	2	3,440	M	35	38	27	8	04-sep.
	22	2,840	H	32	36	27	8	04-sep.
	90	6,260	H	41	45	32	10	15-sep.

	9724	4,000	M	38	47	30	9	30-ago.
	9723	4,720	H	38	44	29	9	15-sep.
	s/caraV	4,800	M	39	42	26	8,5	10-oct.
	43	4,000	M	39	46	32	10	30-ago.
	12	3,500	H	33	41	28	9	11-sep.
	5327	3,660	H	33	41	25	11	18-sep.
	9700	4,060	H	40	57	26	11	04-sep.
	9706	3,680	M	37	37	27,5	7	13-sep.
	32	3,840	M	37	40	29,5	9	15-sep.
	103	3,380	H	33	40	27	8	11-sep.
	73	5,440	H	41	40	29	10	15-sep.
	92	4,800	M	39	40	30	10	09-sep.
	106	4,320	M	38	40	29	8	12-sep.
	29	3,680	H	37	41	27	9	12-sep.
	4	5,720	H	41	46	31	11	07-sep.
	48	4,100	M	40	43	29	9	11-sep.
	9658	2,800	H	35	39	25	8	19-sep.
	59	5,500	M	43	54	32	11	30-ago.
3	35	3,680	H	37	40	26	9	09-sep.
	67	3,900	M	41	50	29	9	30-ago.
	108	4,740	M	37	42	30	9	11-sep.
	5333	3,690	H	36	47	28	9	02-sep.
	20	2,300	M	35	33	25	7	06-sep.
	56	4,820	H	40	47	29	11	02-sep.
	19	3,900	M	40	49	27	9	30-ago.
	s/carav	5,760	M	43	45	28	8,5	10-oct.
	120	1,940	M	30	32	25	7	03-sep.
	71	4,180	H	38	43	28	10	12-sep.
	68	4,300	H	40	40	30	9	07-sep.
	86	1,920	M	24	31	26	8	05-sep.

*Las letras "M" y "H" corresponden a macho y hembra respectivamente.

Anexo 5. Extracción de sangre a oveja del grupo T1, 06 de mayo 2014



Anexo 6. Elaboración de parche (10x10 cm), 06 de junio 2014.



Anexo 7. Valores de TSH y No. de picos registrados por tratamiento

Id.	Fecha sangrado*	TSH μUI/mL/repetición**			No. picos/ oveja	Prom. picos	Magnitud prom. picos (μUI/mL)
		1	2	3			
T1	2	0,035	0,036	0,026	2	0,94 (n=16)	0,072 (n=15)
	3	sd	sd	Sd	Sd		
	2	0	0,011	0	1		
	3	0	0	0	0		
	2	0,015	0,044	0,02	1		
	3	0	0,011	0	1		
	2	0,206	0,144	0,191	1		
	3	0,155	sd	0,145	1		
	2	0	0	0	0		
	3	0	0	sd	0		
2	0,228	0,188	0,201	1			
3	0,231	sd	sd	Sd			
2	sd	sd	sd	Sd			
3	0,035	0,035	0,028	2			
2	0,026	0,052	0,022	1			
3	0,018	0,013	sd	1			
2	0	0	0,012	1			
3	sd	sd	sd	Sd			
2	0,08	0,121	0,085	1			
3	0,071	0,075	0,069	1			
T2	2	0	0	0,013	1	1 (n=19)	0,031 (n=19)
	3	0	0	0	0		
	2	0,06	0,067	0,041	1		
	3	0,022	0,02	0,046	1		
2	0	0	0,014	1			
3	0	0	sd	0			
2	0,011	0,015	0,015	2			
3	0,063	0,064	sd	2			

	9130	2	0	0,012	0,012	2		
		3	sd	sd	sd	Sd		
	9131	2	0,021	0,012	0	1		
		3	0,012	0	0	1		
	9133	2	0,043	0	0,023	1		
		3	0,011	0	sd	1		
9139	2	0	sd	0	0			
	3	0	0	0	0			
9144	2	0,04	0,056	0,031	1			
	3	0,021	0,043	0	1			
9145	2	sd	0,027	0,024	1			
	3	0,027	0,021	0,027	2			
T3	2	2	0,016	0,021	0,033	1	0,89 (n=18)	0,023 (n=16)
		3	0,024	0,022	0,016	1		
	3	2	0	0	0	0		
		3	0,013	0	0,036	1		
	7	2	0,036	0,035	0,039	1		
		3	0,015	0	0,011	1		
	13	2	0,031	0,029	0,031	2		
		3	0,022	0,022	0,015	2		
	16	2	0,025	0,017	0,024	2		
		3	0,014	0,012	0	1		
21	2	0	0	0	0			
	3	sd	sd	sd	Sd			
29	2	0,021	0	0	1			
	3	0,012	0	0	1			
30	2	0	0,012	0	1			
	3	0	0	sd	0			
31	2	0,012	0	0	1			
	3	0	0	sd	0			
32	2	0	0	0	0			
	3	0	sd	sd	Sd			

* Fecha 2 y 3 corresponden a 06/05 y 26/09 respectivamente

** Sangrados cada 30 minutos

Valores en negrita corresponden a los picos