
ALTERACIONES DE LOS NIVELES DE HORMONAS TIROIDEAS Y SU INFLUENCIA EN LA SALUD Y PRODUCCIÓN DE PEQUEÑOS RUMIANTES

José Henry Osorio¹
Dairon Correa²

RESUMEN

En el presente artículo de revisión, se actualiza el conocimiento sobre las alteraciones de los niveles de hormonas tiroideas y su influencia en la salud y producción de pequeños rumiantes. Fue analizada la literatura científica de los últimos 50 años en las bases de datos BBCS-LILACS, Fuente Académica, IB-PsycINFO, IB-SSCI, IB-SciELO, Scopus y Scirus, al igual que artículos históricos, textos y referencias citadas en trabajos públicos. Se obtuvo información pertinente relacionada con los objetivos propuestos en el presente artículo de revisión, clasificándose en secciones a saber: la alimentación, la reproducción y preñez, la lactancia, el crecimiento de fibras, el hipotiroidismo en rumiantes. Puede concluirse que la glándula tiroides juega un papel importante, como productora de hormonas tiroideas, las que son necesarias para la diferenciación celular y crecimiento del organismo en pequeños rumiantes. El buen funcionamiento de las vías metabólicas depende de estas hormonas, ya que tienen efectos específicos sobre diferentes órganos, manteniendo la homeostasis entre todos los tejidos.

Palabras clave: glándula tiroides, pequeños rumiantes, salud animal, producción animal.

Abreviaturas: HT, hormonas tiroideas; T3 triyodotironina; T3L, T3 libre ; rT3, T3 inversa

o reversa; GH, hormona del crecimiento ; IGF-I, factor de crecimiento insulínico tipo I; TSH, hormona estimulante de la tiroides (tirotropina); TRH, hormona liberadora de tirotropina.

ALTERATIONS OF THYROID HORMONES LEVELS AND THEIR INFLUENCE IN HEALTH AND PRODUCTION IN SMALL RUMINANTS

ABSTRACT

The present review article updates the knowledge of thyroid hormones levels alterations and its their influence in health and production production in of small ruminants. It was analyzed the sScientific literature from the last 50 years from the data bases BBCS-LILACS, Fuente Académica, IB-PsycINFO, IB-SSCI, IB-SciELO, Scopus y and Scirus data bases was analyzed, as well as historic articles, texts and public public published works cited references. Pertinent iInformation related to the purpose of the present review update article was obtained and classified as follows: nutrition, reproduction and pregnancy, breastfeeding, fiber growth, and hypothyroidism in small ruminants. It can

¹ Laboratorio de Investigación en Bioquímica Clínica y Patología Molecular, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas. agregar: Universidad de Manizales, carrera 9 No. 19-03. Manizales Colombia. Autor para correspondencia: jose.osorio_o@ucaldas.edu.co

² Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.

be concluded that the thyroid gland plays an important role producing thyroid hormones which are necessary for cellular differentiation and organic growth in small ruminants. The adequate functioning of metabolic ways depends of these hormones, which because they

have specific effects over on different organs maintaining the homeostasis between all the tissues.

Key words: thyroid gland, small ruminants, animal health, animal production.

INTRODUCCIÓN

Los cambios en las concentraciones de hormonas tiroideas (HT) en la sangre son una medida indirecta de la actividad de la glándula tiroidea (1). Los niveles de iodotironinas son afectados por enfermedades, fármacos o condiciones como la edad y el género, así como por los estados reproductivos y productivos, como ocurre en la lactancia (2, 3). Siendo las HT tan importantes en el balance energético, y siendo los sistemas productivos de pequeños rumiantes tan dependientes de este concepto, es importante comprender cuál es su implicación en lactancia y reproducción, como también los desequilibrios que provocan su disminución, objetivo final del presente artículo de revisión.

LA ALIMENTACIÓN

Las concentraciones sanguíneas de HT se consideran mejores indicadores de la nutrición animal y del consumo de alimento, que el estatus de adiposidad. La T3 estimula directamente el consumo de alimento a nivel hipotalámico, mientras la cantidad y calidad de los alimentos ingeridos, son factores importantes que determinan influyen sobre las concentraciones de HT (1). Por otro lado, la administración de T4 aumenta el consumo voluntario de alimento en las ovejas (4). La actividad tiroidea puede afectar los movimientos ruminales y la tasa de pasaje, alterando así la digestibilidad de la materia seca; esto conlleva a problemas reproductivos y disminución en la producción de leche. La restricción alimentaria aumenta las concentraciones plasmáticas de cortisol y disminuye las ganancias de peso diario, la tasa

metabólica, el balance energético, la temperatura rectal y los niveles de insulina y T3; esta situación puede ser interpretada como una adaptación al bajo nivel de energía (5). El aumento de la tasa metabólica puede influir directamente en el consumo de alimento (6). La privación de energía disminuye las concentraciones de T3 y T3 libre en ovinos adultos, mientras que la sobrealimentación posterior las aumenta. Las concentraciones de T3 total en plasma se correlacionan de manera significativa con la energía y los saldos de nitrógeno. Los niveles de rT3 en plasma, muestran un patrón opuesto, estando aumentado durante la privación de energía y disminuido en la sobrealimentación (1). Se ha demostrado asociación entre la hipomagnesemia y una disminución en las concentraciones de T4 y T3, confirmando además que el pastoreo de gramíneas de baja calidad disminuye los niveles de T4 y T3 (5). Un aumento de la grasa en la alimentación, aumenta los niveles basales plasmáticos de insulina e inhiben la liberación de GH, como la unión a receptores de T3 (7). Una elevada respuesta de la T3 se da en vacas que reciben grasa, esto puede disminuir las concentraciones de IGF-I. La T3 puede estimular el ritmo metabólico en el animal, y aumentar la expresión de genes que codifican las enzimas de la lipogénesis y la esterificación en el hígado (7). La suplementación con concentrado induce un aumento de los niveles de T4 plasmática en ovejas lactantes y las concentraciones de T3 en plasma son mayores en carneros que consumen altas cantidades de energía y proteínas. Tras la restricción de los piensos o la privación de alimentos, las concentraciones de plasma HT se reducen (1,5). En el trópico, la leucanea (*Leucaena leucocephala*) planta muy utilizada como suplemento proteico

para los rumiantes, posee en sus hojas y ramas un factor antinutricional llamado mimosina, un análogo de la tirosina, aminoácido sustrato de las HT; este compuesto disminuye las concentraciones en suero de T4, aunque de manera parcial. Igualmente, las concentraciones de mimosina en la leucaena son muy variables y suplementaciones hasta de un 45% sobre la ración total, no parecen tener algún efecto sobre las concentraciones de las HT (8,9). Cuando se da leucaena como complemento proteico, se debe suministrar una suplementación con yodo (4). El selenio como parte de las enzimas deiodinasa (D1, D2, D3), y otras selenoproteínas como la reductasa tiorredoxina, juega un papel protector. Los suplementos orales de yodo y selenio aumentan las concentraciones sanguíneas de HT en el ganado ovino. Los suplementos de selenio solo aumentan la T3 y disminuyen las concentraciones de la T4. Las selenoproteínas garantizan la homeostasis de las HT (1,5,10,11). El selenio en las etapas prenatales mejora la concentración de T3 aumentándolas en sangre, y disminuye la concentración de T4. Las deficiencias de selenio deterioran la conversión de los tejidos periféricos de T4 a T3 a través de la D1 (10). En las deficiencias de zinc disminuye la conversión de T4 a T3, por tal motivo, los suplementos de zinc previenen la inhibición de la función tiroidea (12).

LA REPRODUCCIÓN Y PREÑEZ

Las HT en las ovejas participan en la transición de la temporada de reproducción a anestro (13,14). La mayoría de los pequeños rumiantes presentan estacionalidad en las actividades reproductivas. (13,15,16). La estación reproductiva se debe a cambios en la función neuroendocrina (1,17,18). Las HT, la Melatonina (MT) y la Prolactina (PRL) influyen en la esteroidogénesis ovárica, la ovulación y la función del cuerpo lúteo (16). El más importante de estos cambios es una disminución en la secreción de la Hormona Hipotalámica Liberadora de Gonadotropinas (GnRH). Las hormonas secretadas por la

glándula tiroidea son necesarias para la disminución estacional de GnRH en la oveja (1,18,19). El sitio y mecanismo de acción no se ha aclarado (19). Las HT pueden actuar dentro del cerebro para promover cambios morfológicos en el sistema neurosecretor (20). En ausencia de HT (tiroidectomizadas o con hipotiroidismo), la estación reproductiva no se elimina y las ovejas se mantienen fértiles durante todo el año (1,18,19,21), por tal motivo esta estación puede ser concluida antes de tiempo con la administración de grandes dosis de T4 (21). La disminución de las HT no produce una retroalimentación negativa por parte del estradiol, que causa la terminación de la temporada de cría (20,22). También, el tratamiento con T4 al principio o durante la estación no reproductiva, es eficaz para suprimir la concentración plasmática de hormona luteinizante (LH), pero esta acción de la T4 no se observa durante la estación reproductiva (18,22). Las HT permiten el aumento de la capacidad de respuesta a la retroalimentación negativa del estradiol, pero también son necesarias para ciclos de esteroides independientes de la temporada en frecuencia de impulsos de la LH. Por tal motivo se utiliza el propiltiouracilo (PTU) en grandes dosis para disminuir los niveles plasmáticos de T4 y T3 (1) a nivel de la glándula tiroidea y su conversión extratiroidea (1,23), y prevenir así el inicio del anestro; aunque la condición corporal se desmejora (22), debido a la supresión del apetito, lo que constituye un efecto tóxico del PTU causando hipotiroidismo (19,22). El sustrato anatómico para la acción de las HT en la temporada de reproducción puede ser proporcionado por el hallazgo de receptores de TH/GnRH y otros neurotransmisores en las neuronas que las contienen. El fotoperíodo regula la expresión del gen de D2 en el hipotálamo mediobasal (1,24), por lo tanto las estaciones afectan la biodisponibilidad de HT para la reproducción y el eje neuroendocrino (1). Durante el celo inducido o espontáneo en el ganado caprino, se observa un aumento plasmático de T4 total y libre. En las ovejas, los niveles de T4 en plasma

son más altos durante el estro y más bajos durante la fase lútea, las concentraciones de T3 son más altas durante la fase lútea, mientras que las concentraciones de rT3, no se asocian con el ciclo estral (1). En los ovinos machos, la tiroidectomía acaba con los ciclos estacionales de la secreción de gonadotropinas (1,17) y el tamaño de los testículos (13). Por otro lado, la T3 a nivel testicular induce en la cabra la síntesis de una proteína soluble en las células de Leydig, que a su vez estimula la liberación de andrógenos (1). Las HT, principalmente la T4 influyen la síntesis de testosterona mediante el control de la hexosemonofosfatasa, que proporciona una fuente esencial de energía a la esteroidogénesis (4,17). La suplementación con yodo mejora la concentración de testosterona en sangre, mientras que su deficiencia disminuye la libido y la calidad del semen (4), con disminución de la motilidad y densidad espermática, así como el aumento del porcentaje de espermatozoides anormales (13). Concentraciones plasmáticas de las HT equivalentes al 30% de sus niveles normales en ovinos, son capaces de mantener una adecuada espermatogénesis y el crecimiento de lana (18). Hay que tomar en cuenta que la reproducción es bastante sensible a las alteraciones de nutrición en cuanto a cantidad y calidad de alimento. Actualmente se considera que el estado nutricional, al influir sobre el metabolismo intermedio, es posible que influya sobre la secreción de hormonas gonadotrópicas vía señales metabólicas tales como los metabolitos de energía (ácidos grasos no esterificados y la glucosa) y/o por hormonas que afectan el metabolismo (GH, insulina y la leptina) (5,18,25). Se cree que generando un estado hipotiroideo se acelera la pubertad y así se aumenta la tasa de concepción, ya que la edad y el peso son los principales factores que determinan el inicio de la pubertad (22), pero la inducción del hipotiroidismo con PTU causa supresión del apetito (22,26). Los niveles de T3 y T4 en la mitad de la preñez en el ganado caprino, aumentan en comparación con los bajos niveles observados justo antes del celo y el apareamiento. Luego durante la segunda

mitad de la preñez, los niveles de la hormona materna progresivamente disminuyen, debido a que durante esta etapa, el feto podría tener un efecto competitivo, mostrando mayor actividad de la tiroides y alta afinidad en la circulación del yodo; esto puede generar un estado hipotiroideo en la madre (27,28). En la preñez, la T3 y T4 maternas en estados gemelares, son muy bajas en comparación con ovejas de un solo cordero, especialmente al final de la preñez (1). Por otra parte, el consumo de energía más alto aumenta las concentraciones plasmáticas de T3 y T4 en la segunda mitad de la gestación en cabras; esto puede explicar los bajos niveles de HT en la segunda mitad de la gestación (29). La T4 y la rT3 elevadas, y las bajas concentraciones plasmáticas de T3 en combinación con una alta actividad de la D1 hepática y renal se encuentran al final de la gestación. Ya que la actividad de la D1 es el principal responsable de la generación de T3, los niveles plasmáticos bajos de T3 puede reflejar la conversión de T4 preferencial en rT3, debido a que la D3 hepática y placentaria están altas, en lugar de la inmadura actividad de la D1 hepática y renal. Sin embargo, también puede ser que la mayoría de la T3 producida por el hígado fetal sea capturada por los tejidos diana y estar implicada en los efectos metabólicos y de diferenciación de esta hormona. En el feto ovino, los bajos niveles de T3 permiten que los procesos anabólicos prevalezcan, a pesar de la elevada tasa de secreción de T4 fetal (1,27,30,31). La placenta humana expresa receptores y deiodinasas que permiten el aporte de HT al feto, para contribuir a la maduración del sistema nervioso central (32).

LA LACTANCIA

Los cambios en las concentraciones sanguíneas de T3 y T4 durante la lactancia parecen estar asociadas principalmente a un cambio en el metabolismo energético (1,5,33). Es posible que la disminución de las concentraciones sanguíneas de T4, al inicio de la lactancia, estén asociados con adaptaciones homeostáticas cuando la

producción láctea es alta; aunque después aumentan (1,5,18,34,35). Esta disminución de las concentraciones sanguíneas de las HT, durante la lactancia temprana, podría ser un mecanismo defensivo para conservar la masa muscular. También esta disminución reduciría el metabolismo periférico, permitiendo la utilización de sustratos en forma preferencial por el tejido mamario (5,18). La administración de HT, TSH, TRH y GH estimula la lactancia (36,37) en muchas especies, pero una inversa relación entre las concentraciones sanguíneas de hormonas y la producción de leche se ha observado en cabras, al menos durante las primeras fases de la lactancia. En las ovejas, durante el final de la lactancia, el aumento de la concentración de T4 en la sangre parece estar relacionado con la disminución de la producción de leche (1,5). La ausencia de HT disminuye el crecimiento y al diferenciación del epitelio mamario, y por consiguiente la producción láctea (5,33). El aumento de la glucosa en sangre después de una administración de T4, se asocia a una disminución de la insulina, y así un aumento en la producción de leche (35). La disminución en las concentraciones de T3 puede aumentar la secreción de insulina en los rumiantes y con ello, puede redistribuir los nutrientes, favoreciendo la formación de tejido sobre la producción de leche. Sin embargo, el conocimiento de las acciones de estas hormonas en los rumiantes es difícil, ya que la composición de la dieta puede afectar no sólo a los perfiles de insulina sino también a la actividad de la deiodinasa en el hígado; es así como las concentraciones de ciertos ácidos grasos en la dieta de los rumiantes como el ganado lechero, disminuyen la actividad de la deiodinasa en los tejidos (18,38). Existe una correlación positiva entre la deiodinasa a nivel de tejido mamario y la producción láctea (39).

EL CRECIMIENTO DE FIBRAS

Las HT están implicadas en el crecimiento de lana en ovejas (26,40) y otras fibras de la piel (26). En la piel, la disponibilidad de HT bioactivas no solo depende de los niveles de hormona circulante,

sino también de la síntesis local de T3 (1,26). Las más importantes la D2 y D3, muestran marcada variabilidad entre los animales y la temporada. La D2 es mayor durante el fotoperiodo de los días cortos de invierno, y menor durante los días de larga duración, mientras que la D3 muestra un patrón opuesto. En ovejas existe una marcada variación estacional en la tasa de crecimiento de pelo, correspondiendo el periodo de reposo, a la disminución estacional de las concentraciones fisiológicas de HT plasmáticas (1). Con la administración de T4 exógena, aumenta el crecimiento de las fibras en longitud sin afectar el diámetro (1,6). La T4, pero no la T3, reduce el diámetro de las fibras en ovejas suplementadas con selenio (1). La acción de la T4 no es clara, se sugiere la participación de la acumulación de proteínas o la energía del metabolismo, como ocurre en otros tejidos. Las concentraciones de aminoácidos libres en sangre disminuyen, lo que sugiere un aumento en la captación de aminoácidos por el tejido de la piel (6). En los jóvenes suplementados con proteína y energía, las mayores concentraciones plasmáticas de HT se asocian a un mayor porcentaje de folículos secundarios activos; esto se suma a una mayor longitud de la fibra y una reducción del diámetro de la fibra (1,6); porque las HT influyen en la maduración de folículos y en la tasa de producción de fibras en animales adultos (6). Debido a que el crecimiento de lana está relacionado con el consumo de alimento y ambos relacionados con los niveles de T4, algunos autores han postulado que la interacción observada entre la nutrición y los tratamientos con melatonina, podrían modificar el crecimiento de la lana y la secreción de tiroxina (41). La piel puede ser una importante fuente potencial de difusión de T3 (26). La tiroidectomía deprime hasta en un 60% el crecimiento de la lana. La división celular de las células queratinizadas corticales disminuye sin cambios en la dimensión (6). La suplementación con leucaena puede generar un estado transicional de alopecia en las ovejas, mientras los microorganismos ruminales se adaptan a metabolizar la mimosina (9).

EL HIPOTIROIDISMO EN RUMIANTES

El hipotiroidismo es una disminución de las concentraciones de HT (T4 y T3) circulantes, con aumento de la TSH, contrario a lo observado en el hipertiroidismo donde se presenta aumento de la T4 y disminución de la TSH (42,43). Se conocen tres causas comunes de hipotiroidismo clínico en rumiantes domésticos, en las condiciones de manejo habituales. La primera causa es el pastoreo de forrajes con bajas concentraciones de yodo, junto con una provisión de cantidades mínimas de alimento suplementario. La segunda es la deficiencia de selenio, lo cual afecta las concentraciones de las HT (18, 44,45). La ingestión de plantas bociogénicas es la tercera causa de hipotiroidismo, sobre todo los miembros de la familia Brassicae, como los nabos y la col (18). Ellas contienen un compuesto antitiroideo llamado progoitrín, que en el tracto digestivo es convertido en goitrín e interfiere con la conjugación orgánica del yodo; también muchos alimentos goitrógenos poseen tiocinatos, los cuales interfieren con el atrapamiento del yodo por la glándula tiroidea (4,46,47) e inhiben las síntesis y liberación (4). Los tiocinatos aumentan la monoyodotiroxina (MIT) y disminuyen la diyodotiroxina (DIT), T3 y T4 (46). Los rumiantes más jóvenes parecen ser más susceptibles que los adultos, porque tienen requisitos más importantes de HT, y son menos capaces de metabolizar derivados de tiocinatos (46,48), debido a que su rumen es poco funcional (48). En las circunstancias señaladas anteriormente, las concentraciones de HT en la sangre disminuyen, y esto trae como resultado la activación de secreción de TSH, que provoca un aumento compensatorio de tamaño tiroideo (el bocio) (5,18,47,49). Las causas de bocio asociadas a la herencia y la autoinmunidad son muy raras (18). El síndrome clásico de hipotiroidismo en los rumiantes generalmente cursa con trastornos reproductivos tales como: partos con crías muertas, crías débiles, abortos (50), mortalidad neonatal aumentada, gestación prolongada, alteración de los ciclos estrales e infertilidad.

Además, en los animales jóvenes, provoca crecimiento deficiente y el desarrollo neurológico es alterado (cretinismo). Estudios experimentales en modelos animales han mostrado evidencia de los mecanismos involucrados, particularmente en relación con el desarrollo del cerebro. Los resultados sugieren que la deficiencia de yodo tiene un efecto temprano en la multiplicación de los neuroblastos y, es así, como esto podría ser importante en la patogénesis de la forma neurológica de cretinismo endémico, el cual es característico de zonas con severas deficiencias de yodo (18,50). Otros signos clínicos, menos específicos, incluyen anemia, aletargamiento, anorexia, escaso crecimiento, alopecia, pelo seco y quebradizo, piel engrosada, hiperpigmentación de la piel, intolerancia al frío, mixedema, deformidad de los huesos y debilidad muscular. Durante el hipotiroidismo, se acumula mayor cantidad de ácido láctico en los músculos, generándose fatiga muscular en forma temprana (18). La bradicardia, hiponatremia, hipoglucemia, hipercolesterolemia e hiperlipidemia están asociadas al hipotiroidismo. La cardiomiopatía provoca una dilatación ventricular izquierda y arritmias (47). Las ovejas requieren gluconeogénesis hepática continua para satisfacer los requerimientos de glucosa, pero en el hipotiroidismo, disminuye la producción de glucosa hepática, porque disminuye la disponibilidad de precursores de la gluconeogénesis. Se debe tener en cuenta que los tejidos de los rumiantes son poco sensibles a la insulina, comparados con los tejidos de no rumiantes; al parecer en un estado hipotiroideo se mejora la respuesta a la secreción de insulina, pero disminuye su acción (23,51). Para el diagnóstico de la alteración endocrina en rumiantes, se considera evaluar los siguientes aspectos: las concentraciones de yodo y selenio en los forrajes; o para el caso del selenio, mediciones de la actividad de la enzima Glutatión Peroxidasa (GSH-Px), por la relación de la enzima con dicho mineral. Las concentraciones en base materia seca (MS) del selenio en el forraje, deben ser superiores a 0,1ppm y cuando son menores a 0,05 ppm

provocan daño a la salud y disminuyen la producción. Para el caso del yodo se considera una concentración inferior a 0,2ppm como deficitaria, entre 0,2 y 0,4ppm como marginal y superior a 0,4ppm como adecuada. Así, cuando las concentraciones en el forraje de uno o ambos minerales son bajas, predisponen a la disminución de las concentraciones de las HT. La confirmación de la alteración endocrina se obtiene cuando la concentración sérica de T4 es inferior al rango de referencia. Si la condición de hipotiroidismo no está dada por una deficiencia de la actividad de deiodinasa, como ocurriría en deficiencia de selenio, la T4 es más útil que T3 para el diagnóstico (18,43). La gran mayoría de T3 se forma por desyodación de T4 en tejidos extratiroideos. Sin embargo, todo el T4 sérico proviene de la glándula tiroides, por ello cuando hay un daño de la glándula tiroides, la T4 es la hormona más apropiada para evaluar su funcionalidad. De hecho, se pueden encontrar niveles normales de T3 y niveles bajos de T4 en animales con hipotiroidismo (18). Las concentraciones séricas de T3 es un pobre indicador de la función de la glándula tiroides por la localización predominante de T3 dentro de las células, la cantidad mínima secretada por la glándula tiroides y la secreción incrementa por esta cuando hay un daño progresivo de la glándula. Así para un diagnóstico de hipotiroidismo se evalúa la TSH endógena. Si la TSH esta aumentada, indica hipotiroidismo primario (18,47), pero si la TSH esta baja, indica que es secundario o terciario. Algunos fármacos como los glucocorticoides o enfermedades de base como el hiperadrenocortisismo, pueden presentar valores bajos de T4 libre (que es la

hormona biológicamente activa, representa el 0,1% del T4 total) (18,31). En zonas endémicas de bocio la hiperlipidemia, la hipercolesterolemia, la hipoglucemia y la disminución del peso corporal hacen sospechar de hipotiroidismo (47). Otras alteraciones metabólicas como la diabetes, cursa con niveles disminuidos de HT, específicamente T3, esto a causa de la disminución de la deiodinasa hepática. También cursa con valores disminuidos de IGF-I y por consiguiente la insulina, así como paralelamente con niveles disminuidos de GH. En animales neonatos diabéticos, la ausencia de insulina tiende a no disminuirla deiodinasa hepática, con lo cual no disminuye el contenido de HT hepáticas ni los niveles circulantes (52). Durante al termogénesis la T4 se limita a la producción de T3, pero la T4 también puede estimular la termogénesis, uniéndose a los mismos sitios que la T3, pero con menor afinidad. Parece ser que la T4 asume el papel de la T3 en estados patológicos, como en el caso del síndrome de enfermedad tiroidea (53).

CONCLUSIÓN

La glándula tiroides juega un papel importante, como productora de hormonas tiroideas, siendo necesarias para la diferenciación celular y crecimiento del organismo. El buen funcionamiento de las vías metabólicas depende de estas hormonas, las que tienen efectos específicos sobre diferentes órganos, manteniendo la homeostasis entre todos los tejidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Todini L. Thyroid hormones in small ruminants: effects of endogenous, environmental and nutritional factors. *Animal* 2007; 1(7):997-1008.
2. Matamoros R, Gomez C, Andaur M. Hormonas de utilidad diagnóstica en Medicina Veterinaria. *Arch Med Vet* 2002; 34 (2):167-182
3. Colodel MM, Martins E, Martins VMV, Marques Júnior AP. Serum concentration of thyroid hormones in crioula lanada serrana ewes in gestation and lactation. *Arch. Zootec* 2010; 59(228):509-517.
4. Pattanaik AK, Khana SA, Mohanty DN, Varshney VP. Nutritional performance, clinical chemistry and semen characteristics of goats fed a mustard (*Brassica juncea*) cake based supplement with or without iodine. *Small Ruminant Res* 2004; 54:173-182
5. Morales CA, Rodríguez N. Hormonas tiroideas en la reproducción y en la producción láctea del ganado lechero: revisión de literatura. *Rev Col Cienc Pec* 2005; 18(2):136-148
6. Puchala R, Prieto I, Banskalieva V, Goetsch AL, Lachica M, Sahl T. Effects of bovine somatotropin and thyroid hormone status on hormone levels, body weight gain, and mohair fiber growth of Angora goats. *J Anim Sci* 2001; 79:2913-2919
7. Romo GA, Elsasser TH, Kahl S, Erdman RA, Casper DP. Dietary fatty acids modulate hormone responses in lactating cows: mechanistic role for 5'-deiodinase activity in tissue. *Domest Anim Endocrin* 1997; 14(6):409-420
8. Haque N, Varshney VP, Khan MI, Lal M. Effect of feeding *Leucaena leucocephala* supplemented rations on thyroid hormones and fasting heat production in Jamunapari goats. *Small Ruminant Res* 1996; 19:29-33
9. Yami A, Litherland AJ, Davis JJ, Sahl T, Puchala R, Goetsch AL. Effects of dietary level of *Leucaena leucocephala* on performance of Angora and Spanish doelings. *Small Ruminant Res* 2000; 38:17-27
10. Rock MJ, Kincaid RL, Carstens GE. Effects of prenatal source and level of dietary selenium on passive immunity and thermometabolism of newborn lambs. *Small Ruminant Res* 2001; 40:129-138
11. Ward MA, Neville TL, Reed JJ, Taylor JB, Hallford DM, Soto Navarro SA, Vonnahme KA, Redmer DA, Reynolds LP, Caton JS. Effects of selenium supply and dietary restriction on maternal and fetal metabolic hormones in pregnant ewe lambs. *J Anim Sci* 2008; 86:1254-1262.
12. Baltaci AK, Mogulkoc R, Kul A, Bediz CS, Ugur A. Opposite effects of zinc and melatonin on thyroid hormones in rats. *Toxicology* 2004; 195:69-75
13. Zamiri MJ, Khodaei HR. Seasonal thyroidal activity and reproductive characteristics of Iranian fat-tailed rams. *Anim Reprod Sci* 2005; 88:245-255
14. Skipor J, Misztal T, Kaczmarek MM. Independent changes of thyroid hormones in blood plasma and cerebrospinal fluid after melatonin treatment in ewes. *Theriogenology* 2010a; 74:236-245
15. Skipor J, Misztal T, Szczepkowska A. Thyroid hormones in the cerebrospinal fluid of the third ventricle of adult female sheep during different periods of reproductive activity. *Pol J Vet Sci* 2010b; 13(4):587-595
16. Błaszczuk B, Udała J, Gaczarzewicz D. Changes in estradiol, progesterone, melatonin, prolactin and thyroxine concentrations in blood plasma of goats following induced estrus in and outside the natural breeding season. *Small Ruminant Res* 2004; 51: 209-219
17. Souza MI, Bicudo SD, Uribe Velásquez LF, Ramos AA. Circadian and circannual rhythms of T3 and T4 secretions in Polwarth-Ideal rams. *Small Ruminant Res* 2002; 46:1-5
18. Matamoros R, Contreras PA, Wittwer F, Mayorga MI. Hipotiroidismo en rumiantes. *Arch Med Vet* 2003; 35 (1):1-11
19. Gifford CA, Duffey JL, Knight RL, Hallford DM. Serum thyroid hormones and performance of offspring in ewes receiving propylthiouracil with or without melatonin. *Anim Reprod Sci* 2007; 100:32-43

20. Rosa HJD, Bryant MJ. Seasonality of reproduction in sheep. *Small Ruminant Res* 2003; 48:155-171
21. Gündoğan M. Seasonal variation in serum testosterone, T3 and andrological parameters of two Turkish sheep breeds. *Small Ruminant Res* 2007; 67: 312-316
22. Wells NH, Hallford DM, Hernández JA. Serum thyroid hormones and reproductive characteristics of Rambouillet ewe lambs treated with propylthiouracil before puberty. *Theriogenology* 2003; 59(5-6):1403-1413
23. Achmadi J, Terashima Y. The effect of propylthiouracyl-induced low thyroid function on secretion response and action of insulin in sheep. *Domest. Anim. Endocrin* 1995; 12:157-166
24. Klocek-Gorka B, Szczesna M, Molik E, Zieba DA. The interactions of season, leptin and melatonin levels with thyroid hormone secretion, using an in vitro approach. *Small Ruminant Res* 2010; 91:231-235.
25. Huszenicza GY, Kulcsar M, Rudas P. Clinical endocrinology of thyroid gland function in ruminants. *Vet Med Czech* 2002; 47(7):199-210.
26. Villar D, Rhind SM, Dicks P, McMillen SR, Nicol F, Arthur JR. Effect of propylthiouracil-induced hypothyroidism on thyroid hormone profiles and tissue deiodinase activity in cashmere goats. *Small Ruminant Res* 1998; 29:317-324
27. Wu SY, Polk DH, Huang WS, Green WL, Thai B, Fisher DA. Fetal-to-maternal transfer of thyroid hormone metabolites in late gestation in sheep. *Pediatr Res* 2006; 59:102-106.
28. Celi P, Di Trana A, Claps S. Effects of perinatal nutrition on lactational performance, metabolic and hormonal profiles of dairy goats and respective kids. *Small Ruminant Res* 2008; 79:129-136
29. Todini L, Malfatti A, Valbonesi A, Trabalza-Marinucci M, Debenedetti A. Plasma total T3 and T4 concentrations in goats at different physiological stages, as affected by the energy intake. *Small Ruminant Res* 2007; 68:285-290
30. Cassar-Malek I, Picard B, Kahl S, Hocquette JF. Relationships between thyroid status, tissue oxidative metabolism, and muscle differentiation in bovine fetuses. *Domest Anim Endocrin* 2007; 33:91-106
31. Campos R, Giraldo L. Efecto de la raza y la edad sobre las concentraciones de hormonas tiroideas T3 y T4 de bovinos en condiciones tropicales. *Acta Agron* 2008; 57(2):137-141
32. Kilby MD, Barber K, E. Hobbs E, Franklyn JA. Thyroid Hormone Action in the Placenta. *Placenta* 2005; 26:105-113.
33. Karapehliyan M, Atakisi E, Atakisi O, Yuçayurt R, Pancarci Sm. Blood biochemical parameters during the lactation and dry period in Tuj ewes. *Small Ruminant Res.* 2007; 73:267-271
34. Capuco AV, Connor EE, Wood DL. Regulation of Mammary Gland Sensitivity to Thyroid Hormones During the Transition from Pregnancy to Lactation. *Exp Biol Med* 2008; 233(10):1309-1314
35. Davis SR, Collier RJ, McNamara JP, Head HH, Croom WJ. Effects of thyroxine and growth hormone treatment of dairy cows on mammary uptake of glucose, oxygen and other milk fat precursors. *J Anim Sci* 1998; 66:80-89.
36. McClean C, Laaverld B. Effect of somatotropin and protein supplement on thvroid function of dairv cattle. *Can J Anim Sci* 1991; 71:1053-1061
37. Buys N, Peeters R, Kuèhn ER, Decuypere E. Synergetic effect of pimozide and thyrotropin releasing hormone on prolactin and thyrotropin release during the drying off of ewes. *Small Ruminant Res* 2001; 39:59-66
38. Slebodzinski AB, Brzezinska-Slebozinska E, Styczynska E, Szejnoga M. Presence of thyroxine deiodinases in mammary gland: possible modulation of the enzyme-deiodinating activity by somatotropin. *Domestic Anim Endocrin* 1999; 17: 161-169
39. Moraes e Amorim EA, Alves Torres CA, Bruschi JE, Ferreira Da Fonseca J, Guimarães JD, Cecon PR, De Carvalho GR. Produção e composição do leite, metabólitos sangüíneos e concentração hormonal de cabras lactantes da raça Toggenburg tratadas com somatotropina bovina recombinante. *R Bras Zootec* 2006; 35(1):147-153

40. Abecia JA, Valares JA, Forcada F. The effect of melatonin treatment on wool growth and thyroxine secretion in sheep. *Small Ruminant Res* 2005; 56:265-270
41. Abecia JA, Zuñiga O, Forcada F. Effect of Melatonin Treatment in Spring and Feed Intake on Wool Growth and Thyroxine Secretion in Rasa Aragonesa Ewes. *Small Animal Res* 2000; 41:265-270
42. De Moraes GV, Vera Avila HR, Lewis AW, Koch JW, Neuendorff DA. Influence of hypo and hyperthyroidism on ovarian function in Brahman cows. *J Anim Sci* 1998; 76:871-879.
43. Firat A, Özpınar A, Serpek B, Haliloğlu S. Comparisons of Serum Somatotropin, 3,5,3_-Triiodothyronine, Thyroxine, Total Protein and Free Fatty Acid Levels in Newborn Sakiz Lambs Separated from or Suckling Their Dams. *Ann. Nutr. Metab* 2005; 49:88-94
44. Contreras PA, Wittwer F, Ruiz V, Robles A, Böhmwald H. Valores sanguíneos de triyodotironina y tiroxina y vacas Frisón Negro a pastoreo. *Arch Med Vet* 1999; 31:205-210.
45. Rudas P, Ronai ZS, Bartha T. Thyroid hormone metabolism in the brain of domestic animals. *Domest Anim Endocrin* 2005; 29:88-96.
46. Mandiki SNM, Mabon N, Derycke G, Bister JI, Wathélet JP, Paquay R, Marlier M. Chemical changes and influences of rapeseed antinutritional factors on lamb physiology and performance. 2. Plasma substances and activity of the thyroid. *Anim Feed Sci Tech* 1999; 81:93-103.
47. Singh JL, Sharma MC, Kumar M, Gupta GC, Kumare S. Immune status of goats in endemic goitre and its therapeutic management. *Small Ruminant Res* 2006; 63:249-255
48. Das MM, Singhal KK. Effect of feeding chemically treated mustard cake on growth, thyroid and liver functions and carcass characteristics in kids. *Small Ruminant Res* 2005; 56:31-38
49. Cunningham JG. *Fisiología Veterinaria*. 3ª Ed. El Sevier. 2003; p. 341-348
50. Hetzel BS, Mano MT. A review of experimental studies of iodine deficiency during fetal development. *J Nutr* 1989; 119(2):145-151
51. Sano H, Takebayashi A.. Effects of moderate hyperthyroidism and time relative to feeding on tissue responsiveness to insulin in sheep. *Comp Biochem Physiol Part B* 2003; 136:515-520
52. Pascual-Leone AM. Interacción entre hormonas tiroideas y factores de crecimiento IGFs1. *Anal Real Acad Farm* 2000; 66:1-18
53. Zaninovich AA. Hormonas tiroideas, obesidad y termogénesis en grasa parda. Artículo especial. *Medicina* 2001; 61: 597-602