

## HORMONAS TIROIDEAS EN BOVINOS: ARTÍCULO DE REVISIÓN

José Henry Osorio<sup>1\*</sup>  
Jazmín Vinasco Rodríguez<sup>2</sup>  
Yirly Johanna Suárez<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Objetivo:** actualizar los conceptos sobre el funcionamiento de las hormonas tiroideas en los bovinos. **Materiales y Métodos:** mediante la revisión de la literatura disponible en los últimos 25 años en las bases de datos: BBCS-LILACS, Fuente Académica, IB-PsycINFO, IB-SCI, IB-SciELO, SCOPUS y SCIRUS, al igual que artículos históricos, textos y referencias citadas en trabajos. **Resultados:** la información obtenida relacionada con los objetivos propuestos en la presente revisión, permite clasificar en cinco secciones, a saber: síntesis, metabolismo y transporte; función tiroidea en el crecimiento; hormonas tiroideas y nutrición; acción de las hormonas tiroideas sobre la reproducción y producción láctea; y alteraciones de la glándula tiroidea en rumiantes. **Conclusión:** el estado nutricional es un factor fundamental en la producción de las hormonas tiroideas, que cumplen un papel crucial en el desarrollo, crecimiento, reproducción y producción del ganado bovino.

**Palabras clave:** glándula tiroidea, triyodotironina, tiroxina, rumiantes.

### THYROID HORMONES IN CATTLE: REVIEW ARTICLE

#### ABSTRACT

**Objective:** To update concepts on thyroid hormones functioning in cattle. **Materials and Methods:** Through review of available literature from the last 25 years included in the BBCS-LILACS, Fuente Académica, IB-PsycINFO, IB-SCI, IB-SciELO, Scopus and Scirus data bases as well as in historical articles, texts and references cited in work published. **Results:** The information obtained concerning the objectives proposed in the present review allows classifying five sections as follows: synthesis, metabolism and transport; thyroid function in growth; thyroid hormones and nutrition; action of thyroid hormones on reproduction and milk production; and disorders of the thyroid gland in ruminants. **Conclusion:** nutritional status is a key factor in the production of thyroid hormones which play a crucial role in the development, growth, reproduction and production of cattle.

**Key words:** thyroid gland, triiodothyronine, thyroxine, ruminants.

---

<sup>1</sup> Ph.D. Laboratorio de Bioquímica Clínica y Patología Molecular, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

<sup>2</sup> DVM. Programa Jóvenes Investigadores de COLCIENCIAS. Grupo de investigación: BIOSALUD. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.

\* Autor para correspondencia, José Henry Osorio. Correo electrónico: jose.osorio\_o@ucaldas.edu.co.

## INTRODUCCIÓN

La glándula tiroidea juega un papel importante como productora de hormonas tiroideas (HT), las cuales son necesarias para la diferenciación celular y el crecimiento del organismo. 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 (1, 2, 3), cumpliendo funciones fundamentales en la biología del crecimiento y desarrollo del sistema nervioso central (4), la termorregulación, la hematopoyesis y la circulación, el funcionamiento neuromuscular, la reproducción y el metabolismo de los carbohidratos, proteínas y lípidos. Asimismo, provocan estados catabólicos y oxidativos propiciando la aparición de enzimas claves del metabolismo y modificando la secreción de hormonas como la insulina o las catecolaminas (5, 6, 7).

En el bovino, la tiroides está constituida por dos lóbulos conectados por un istmo que cruza por delante de la tráquea (8). Su unidad estructural y funcional es el folículo, el cual está constituido por células cuboidales que producen y rodean el coloide, cuyo componente fundamental es la tiroglobulina (Tg), molécula precursora de las HT (8, 9). La síntesis de estas hormonas depende en gran medida de un oligoelemento esencial, el yodo, que se obtiene en la dieta (8). La capacidad que presenta la glándula tiroides para captar el yodo se debe a un proceso de absorción activo que está controlado por la hormona tirotrópica (TSH), la que a su vez es sintetizada por la adenohipófisis (5, 10).

Las HT también son importantes para el metabolismo, el desarrollo y la regulación de la producción de calor (11). Cuando hay exposición al frío, se elevan las concentraciones plasmáticas de T4, T3 y cortisol (12, 13). Por tanto, los rumiantes muestran respuestas fisiológicas adaptativas cuando son expuestos al frío y a la restricción alimentaria (13). Dado que muchos de

los procesos fisiológicos en rumiantes requieren una actividad normal de la glándula tiroides (2), una deficiencia en la producción de las mismas induce una reducción en el intercambio de energía y en la liberación de calor corporal. Por ello, se produce una disminución en el metabolismo basal del animal (7).

Las concentraciones de las HT se ven afectadas por factores como el sexo, la edad, enfermedades, balance energético, yodo, selenio (Se), nivel de producción láctea y etapa de la lactancia, estrés, fármacos y raza (2, 14, 15, 16). Todos estos factores son de gran importancia en el momento de realizar diagnósticos clínicos, igualmente, la tasa de secreción de la T4 por la tiroides es un indicador directo de la actividad de esta glándula (3, 5).

La presente revisión tiene como objetivo otorgar información actualizada sobre la importancia de las HT en la fisiología bovina. Asimismo, resaltar su rol en los procesos reproductivos y productivos, los cuales son de gran importancia dada su utilidad en la producción pecuaria.

## SÍNTESIS, METABOLISMO Y TRANSPORTE

El yodo que ingresa al organismo es atrapado por la glándula tiroides y se almacena ligado a la Tg. Este yodo es oxidado por medio de una peroxidasa tiroidea y peróxido de hidrógeno, posteriormente, se une a la tirosina de la tiroglobulina, primero, en la posición 3 para formar 3-monoyodotirosina (MIT) y luego en la posición 5 para formar diyodotirosina (DIT). Finalmente, por condensación oxidativa, dos moléculas de DIT dan origen a la molécula de tiroxina o tetrayodotironina (T4) y cuando una molécula de MIT se junta con una molécula de DIT se forma la triyodotironina (T3) (1, 2, 5, 13). La síntesis y secreción de la T3 y T4 está regulada por un sistema de retroalimentación negativa que involucra al hipotálamo, la pituitaria y la glándula tiroidea (1, 4, 17, 18). Este proceso

es dado bajo la influencia de una hormona liberada por la glándula pituitaria, denominada hormona estimulante de la tiroides (TSH), la cual está influenciada por los niveles de las HT y un tripéptido sintetizado en el núcleo paraventricular del hipotálamo conocido como hormona liberadora de tirotropina (TRH) (1, 18, 19, 20). Por tanto, las HT interactúan con los receptores en la glándula pituitaria para inhibir la TSH y en el hipotálamo para inhibir la secreción de TRH (18).

Las HT tienen baja solubilidad en soluciones acuosas, es por ello que circulan por la sangre en una pequeña fracción en forma libre y la mayor parte de ellas lo hacen unidas a proteínas transportadoras que son sintetizadas por el hígado (21). Luego de llegar al torrente sanguíneo, más del 99 % de dichas hormonas, se combinan principalmente con la globulina fijadora de tiroxina (TBG) que tiene una alta afinidad por la T<sub>4</sub>, de igual forma, se ligan en forma secundaria y en menor grado a la albúmina (TBA) que presenta poca afinidad para T<sub>4</sub> y T<sub>3</sub>, pero se encuentra en mayor concentración y a la transtirretina o prealbúmina fijadora de tiroxina (TT/TBPA), la cual muestra una especificidad y una capacidad intermedia entre la TBG y la albumina (13, 22, 23, 24, 25).

## **FUNCIÓN TIROIDEA EN EL CRECIMIENTO**

El desarrollo de la función tiroidea fetal depende de la embriogénesis, la diferenciación y la maduración de la glándula tiroides, la evolución del eje hipotálamo-pituitaria-tiroides y el metabolismo tiroideo; logrando la regulación de la producción, secreción y acción de la HT. Durante la gestación hay un suministro constante de T<sub>4</sub> materna, que se ha observado en la circulación embrionaria 4 semanas después de la implantación, siendo dicho proceso fundamental para el desarrollo normal de la neurogénesis fetal temprana (26, 27). De igual

forma, las HT juegan un papel importante en la proliferación neuronal que se da en diferentes áreas del cerebro y en diferentes momentos (19), ya que parecen controlar el destino y la migración de los primeros neuroblastos en la corteza cerebral, sin embargo, no parece influir en su proliferación. No obstante, controlan claramente la proliferación, migración y apoptosis de las células granulares del cerebelo (19, 28).

Se ha demostrado en fetos bovinos que la actividad funcional de la glándula tiroidea aumenta a medida que avanza la gestación, alcanzando elevadas concentraciones plasmáticas de T<sub>3</sub> en el último trimestre de la misma (29, 30, 31), estando implicadas en la diferenciación de los músculos esqueléticos oxidativos (30).

En algunas especies como conejos, ratas, mininos, humanos, cobayas, lechones, corderos y potros, la actividad de la HT en los recién nacidos aumenta. Los bebés humanos, corderos y terneros, presentan un aumento prenatal en las concentraciones de T<sub>3</sub>, el cual se produce durante la última semana de gestación, y un rápido aumento postnatal de T<sub>3</sub> se produce durante las primeras horas después del nacimiento, alcanzando su pico máximo en aproximadamente 24-36 h y posteriormente van disminuyendo estabilizándose a medida de que la edad aumenta (16, 32, 33). Por tanto, la secreción de las HT en las novillas se ha caracterizado por cambios complejos entre el tiempo del nacimiento y la pubertad (34).

Es de vital importancia tener en cuenta los cambios en las concentraciones de T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> durante el crecimiento para realizar diagnósticos de hipotiroidismo e hipertiroidismo, ya que se pueden presentar interpretaciones erróneas puesto que los niveles de HT son más altos en jóvenes si se comparan con animales más viejos (15, 32).

## HORMONAS TIROIDEAS Y NUTRICIÓN

La alimentación del hato con pastos de baja calidad y con una suplementación inadecuada durante largos periodos puede producir alteraciones en el funcionamiento de la glándula tiroides (13), encontrando que la restricción de alimento reduce los niveles plasmáticos de T3 y T4, aunque estas reducciones solo son significativas para T3 (12).

En la nutrición animal, el yodo es un elemento esencial que se encuentra en los alimentos y forrajes especialmente en la forma inorgánica. En los bovinos dicho elemento se absorbe en forma de yoduro entre un 70 y 80 % en el rumen y un 10 % en el abomaso. De igual forma, se absorbe en el intestino delgado, intestino grueso y ciego (5). Finalmente, es transportado a la glándula tiroides que absorbe 1/3 y el resto es excretado en heces, orina y leche (5, 10, 35).

La cantidad de yodo que se une a las HT es variable y depende de la cantidad consumida en la ración; por tanto, al presentarse una disminución en el consumo, la glándula tiroides capta hasta un 30 % del yodo ingerido para destinarlo a la síntesis hormonal; de este modo, cuando las concentraciones de yodo son altas se forma más T4 y cuando es más baja se forma más T3 (8). En el bovino adulto la glándula tiroidea solo pesa 30 g y contiene una cantidad considerable de yodo ( $\pm 100$  mg, que corresponde al 55 % de la cantidad total presente en el organismo). Asimismo, la proteína de unión de yodo (PBI) es un importante indicador del contenido de yodo nutricional, ya que el 90 % de yodo presente en la PBI corresponde a T4 y el otro 10 % a T3 (5).

El Se también es un oligoelemento esencial para el funcionamiento de la hormona tiroidea (36), ya que la conversión de T4 a T3 es controlada por tres isoenzimas: yodotironina deiodinasa tipo I (IDI); yodotironina deiodinasa tipo II (IDII); y yodotironina deiodinasa tipo III (IDIII);

alrededor del 80 % de T3 en plasma se produce en el hígado, el riñón y el músculo, y todos estos tejidos contienen la enzima Se- dependiente de tipo IDI (37). Estudios realizados en bovinos reportan que la concentración de T3 en plasma son significativamente menores en vacas que no son suplementadas con Se, siendo 14 % más baja en vacas alimentadas con dietas deficientes en este oligoelemento, mientras que los valores de T4 no se ven afectados por esta suplementación (11, 38, 39). Este mismo comportamiento se describe en modelos murinos, en los cuales una deficiencia nutricional de Se causa una disminución del 23 % en las concentraciones de T3 en el plasma de las ratas y la proporción de T3:T4 se reduce en un 35 % (40). Por otra parte, la deficiencia de Se no presenta ningún efecto importante sobre la TSH plasmática a pesar de las variaciones en los niveles de T4 y T3. La deficiencia de yodo produce un aumento del 100 % en las concentraciones de TSH y los animales con deficiencias de yodo y Se muestran que las concentraciones de TSH aumentan un 250 % (41).

Por otro lado, existe una correlación positiva entre el peso corporal y las concentraciones de T3 y T4, que es probablemente un resultado del aumento de la ingesta de alimento durante el crecimiento (42), razón por la cual la actividad tiroidea puede afectar la ganancia de peso corporal a través de la alteración de la tasa metabólica basal en bovinos (23, 43), encontrando que el estado de hipotiroidismo aumenta la ganancia de peso (44).

## ACCIÓN DE LAS HORMONAS TIROIDEAS SOBRE LA REPRODUCCIÓN Y PRODUCCIÓN LÁCTEA

En el ganado lechero las HT resultan de particular importancia en la fisiología de la reproducción y la lactancia (13), presentando efectos estimulantes directos sobre la función ovárica en el ganado puesto que se ha afirmado que la T4 actúa a nivel de las células de la

granulosa, ejerciendo un impacto positivo leve sobre la producción de progesterona inducida por la hormona folículo estimulante (FSH) y en las células de la teca, la T3 y T4 pueden ejercer un mayor impacto positivo sobre la producción de androstenediona, participando en la regulación de la esteroidogénesis de folículos bovinos (20, 45, 46). Por tanto, el estado fisiológico de los folículos antrales bovinos puede afectar la acumulación de T4 tanto libre como total en el líquido folicular (47), asimismo, las diferencias en los niveles de T4 entre los grupos de folículos pueden estar relacionadas con el crecimiento y la maduración de los mismos en el ganado vacuno. Es probable que estas diferencias puedan reflejar una mayor conversión de T4 a T3 en los folículos medianos y grandes (48).

Un estudio realizado en bovinos expone que existen correlaciones significativas entre los niveles de las HT y parámetros reproductivos como son el índice de fecundidad (IF), intervalo parto-concepción (IPC) e intervalo interpartos (IIP), indicando niveles de T3 y T4 inferiores en vacas con baja eficiencia reproductiva, siendo T4 la hormona que presenta una correlación negativa significativa con todos estos parámetros ( $r = -0,54$ ;  $-0,73$ ; y  $-0,65$  para IF; IPC; y IIP, respectivamente). Por tanto, las bajas concentraciones de T4 podrían dificultar la recuperación de la actividad ovárica normal que se genera después del parto y como consecuencia alteraciones de la función reproductiva (49).

Igualmente, las HT son importantes reguladores de la función de la glándula mamaria, reduciendo el crecimiento y la diferenciación del epitelio mamario cuando hay ausencia de las mismas (13). El efecto galactopoyético de dichas hormonas se debe a su influencia tanto directa como indirecta sobre el metabolismo de la glándula

mamaria, la cual afecta el flujo sanguíneo mamario, la partición de nutrientes y la tasa de secreción mamaria (50). En vacas lecheras las concentraciones plasmáticas de T3 y T4 se correlacionan negativamente con la producción diaria de leche (51), reportándose valores de  $r = -0,32$  y  $-0,51$  para T3 y T4, respectivamente (52), siendo estas concentraciones significativamente menores ( $p < 0,001$ ) en el principio y el pico de la lactancia (50). Se ha reportado que la administración de T4 aumenta la producción láctea en un 27 %, la producción de lactosa en un 25 % y el porcentaje de grasa en un 42 % (13), posiblemente, por el aumento del flujo de sangre y la disponibilidad de nutrientes a la ubre (44). Asimismo, la infusión de la hormona liberadora de tiotropina aumenta moderadamente la producción láctea (50). No obstante, las concentraciones de las HT aumentan a medida que la etapa de lactancia avanza, siendo significativamente mayores en la etapa tardía de la lactancia en comparación con la fase temprana de la misma (52).

En machos, la T3 actúa sobre las células de sertoli, estimulando varias de las funciones de las células maduras, tales como la secreción de proteína fijadora de andrógeno; lo cual, puede indicar una relación fundamental entre el control del inicio de la pubertad y la función de la glándula tiroides sobre el desarrollo de la espermatogénesis (13).

Es importante resaltar la función del yodo como principal compuesto de las HT y sus implicaciones sobre la producción y reproducción bovina, ya que los rendimientos productivos dependen en gran medida de una buena o deficiente suplementación en la dieta (2, 5, 7, 35, 46) (Figura 1).

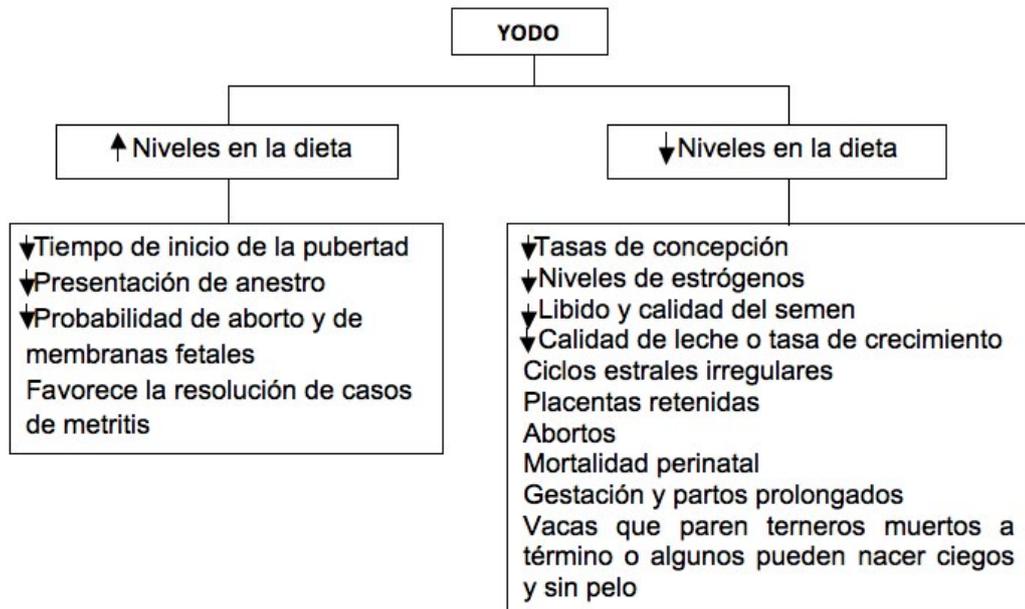


Figura 1. Efectos del yodo en la reproducción bovina.

## ALTERACIONES DE LA GLÁNDULA TIROIDEA EN RUMIANTES

La secreción insuficiente de T3 y T4 puede provocar un estado de hipotiroidismo, el cual es el trastorno tiroideo más común encontrado en los rumiantes (53) y puede ser consecuencia de un déficit de yodo en la dieta, y/o bajo consumo de Se, con consecuencias negativas para la salud y la producción animal, pérdida del apetito, disminución del peso corporal, anemia, depresión de la tasa de crecimiento (10, 54), en especial, de tejido neural (16) y baja producción láctea (43, 44), observándose una disminución del 50 al 55 % en la producción de leche durante la primera lactancia de vacas lecheras con hipotiroidismo (44). Por otro lado, durante la mitad del periodo seco la vaca puede presentar un estado de hipotiroidismo, el cual puede ser un factor de riesgo y un indicador temprano de hígado graso postparto provocando un aumento de la relación T3:T4 (55).

Existen tres causas comunes de hipotiroidismo en rumiantes: el pastoreo de forrajes con bajas concentraciones de yodo, junto con la provisión de cantidades mínimas de alimento suplementario; deficiencia de Se; e ingestión de plantas bociogénicas, sobre todo los miembros de la familia *Brassica* (2, 3). Los signos clínicos de dicha patología varían de acuerdo con los diversos efectos de las hormonas tiroideas sobre el metabolismo celular, llevando a una menor resistencia a las infecciones, aumento de la susceptibilidad a la cetosis, disminución de la susceptibilidad a la hipomagnesemia y a bocio congénito en los rumiantes (53).

El hipotiroidismo se acompaña de una disminución de las concentraciones de HT en la sangre y una posterior activación de secreción de TSH de la adenohipófisis, que provoca un aumento compensatorio de tamaño tiroideo (el bocio) (2, 3, 13). Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en los animales de compañía,

en rumiantes parece no existir una incidencia significativa de bocio causada por auto-inmunidad (2). En potros, se puede presentar el hipotiroidismo congénito (cretinismo), en el cual los animales nacen con alteraciones musculoesqueléticas (51).

Otra patología importante es el síndrome eutiroideo enfermo que se observa durante la enfermedad sistémica no tiroidea y consiste en una disminución en la concentración plasmática de T3, un aumento en el nivel de T3 reversa

y, en casos graves, una disminución en las concentraciones de T4 y TSH (20).

## CONCLUSIÓN

El estado nutricional es un factor fundamental en la producción de las HT, ya que el suministro de yodo determina en gran medida la producción de dichas hormonas, las cuales cumplen un papel crucial en el desarrollo, crecimiento, reproducción y producción del bovino.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Yen PM. Physiological and molecular basis of thyroid hormone action. *Physiol Rev* 2001; 81 (3):1097-1142.
2. Matamoros R, Contreras PA, Wittwer F, Mayorga MI. Hipotiroidismo en rumiantes. *Arch Med Vet* 2003; 35(1): 1-11.
3. Osorio JH, Correa D. Alteraciones de los niveles de hormonas tiroideas y su influencia en la salud y producción de pequeños rumiantes. *Biosalud* 2013; 12 (1): 39 – 48.
4. Rudas P, Rónai Zs, Bartha T. Thyroid hormone metabolism in the brain of domestic animals. *Domest Anim Endocrinol* 2005; 29: 88-96.
5. Sanchez JM. El yodo en la nutrición del ganado bovino. *Nutrición Animal Tropical* 1995; 2 (1): 95-120.
6. Pascual-Leone AM. Interacción entre hormonas tiroideas y factores de crecimiento IGFs. *Anal. Real Acad Farm* 2000; 66 (3): 1-18.
7. Matamoros-Hernández JE, Moreno-Rajo JG. Efecto de la aplicación de Calfosvit®Se sobre el comportamiento reproductivo de vacas lecheras. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano; 2009.
8. Gundin AL, Sereno DP, Maisterrena VD. Niveles de Tetraiodotironina (T4) en vaquillonas del norte de la Pcia. de La Pampa. *Ciencia Veterinaria* 2009; 11 (1): 49-52.
9. Brent GA. Mechanisms of thyroid hormone action. *J Clin Invest* 2012; 122 (9): 3035-3043.
10. Villanueva. Nutrición del ganado: yodo. Sitio argentino de producción animal; 2011. [Internet]. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion\\_mineral/143-iodo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/143-iodo.pdf). Consultado Enero de 2014.
11. Awadeh FT, Kincaid RL, Johnson KA. Effect of level and source of dietary selenium on concentrations of thyroid hormones and immunoglobulins in beef cows and calves. *J Anim Sci* 1998; 76: 1204-1215.
12. Ekpe ED, Christopherson RJ. Metabolic and endocrine responses to cold and feed restriction in ruminants. *Can J Anim Sci* 2000; 80: 87-95.
13. 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.
14. Campos R. Triyodotironina, tiroxina y comportamiento reproductivo en diferentes grupos raciales bovinos. *Acta Agron* 1995; 45 (2/4): 140-145.
15. Campos R, Díaz-González FH, Rodas A, Cruz C. Thyroid hormones in native Colombian bovine breeds. *Rev Bras Ci Vet* 2004; 11 (3): 174-177.

16. Campos-Gaona 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 (Palmira)* 2008; 57 (2): 137-141.
17. Chiamolera MI, Wondisford FE. Minireview: Thyrotropin-releasing hormone and the thyroid hormone feedback mechanism. *Endocrinology* 2009; 150 (3): 1091-1096.
18. Widad JH Ali, Ragaa KH Ali, Saad Alfallooji. The Correlation between Oxidative Stress and Thyroid Hormones in Serum and Tissue Homogenized of Hypothyroidism Patients. *Medical Journal of Babylon* 2012; 9 (4): 843-849.
19. Zoeller TR, Crofton KM. Thyroid Hormone Action in Fetal Brain Development and Potential for Disruption by Environmental Chemicals. *NeuroToxicology* 2000; 21 (6): 1-11.
20. Huszenicza GY, Kulcsar M, Rudas P. Clinical endocrinology of thyroid gland function in ruminants. *Vet Med* 2002; 47 (7): 199-210.
21. Ramos-Rivero S. Interacción entre hormonas tiroideas y el sistema IGFs/IGFBPs: Mecanismos moleculares. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 1999.
22. Murray RK, Granner DK, Rodwell VW, Mayes PA. *Bioquímica de Harper*. 3ra edición. El Manual Moderno SA de CV. México D.F.; 1994.
23. Hulbert AJ. Thyroid hormones and their effects: A new perspective. *Biological Review* 2000; 75: 519-631.
24. Winter WE, Signorino MR. Review: Molecular Thyroidology. *Annals of clinical & laboratory Science* 2001; 31 (3): 221-244.
25. Robbins J. Thyroid hormone transport proteins and the physiology of hormone binding. In: Braverman LE, Utiger RD (eds). *The Thyroid*, 9th edn. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2005; 105-120.
26. Obregon MJ, Calvo RM, Del Rey FE, De Escobar GM. Ontogenesis of thyroid function and interactions with maternal function. *Endocr Dev* 2007; 10: 86-98.
27. Patel J, Landers K, Li H, Mortimer RH, Richard K. Thyroid hormones and fetal neurological development. *J Endocrinol* 2011; 209: 1-8.
28. Zoeller TR. New Insights into Thyroid Hormone Action in the Developing Brain: The Importance of T3 Degradation. *Endocrinology* 2010; 151 (11): 5089-5091.
29. Campos R, Díaz F, Wilches M. Hormonas tiroideas durante la gestación: niveles séricos en la madre y en el feto. *Acta Agron* 1993; 43 (1/4): 156-159.
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 Endocrinol* 2007; 33: 19-106.
31. Masini-Repiso AM, Orgnero-Gaisan E, Bonaterra M, Cabanillas AM, Coleoni AH. Biochemical and functional changes during the bovine fetal thyroid development. *Thyroid* 1998; 8 (1): 71-80.
32. McLaughlin BG, Norman-Evans C, Colton RL. Serum Triiodothyronine and Thyroxine Concentrations in Neonatal llamas. *J Vet Diagn Invest* 1993; 5: 208-211.
33. Colmenarez D, Leonardi F, Bravo M. Niveles de T3 y T4 en bovinos Holstein de 2 hasta 24 semanas de edad. *Gaceta de Ciencias Veterinarias* 2001; 7 (1): 24-29.
34. Leyva-Ocariz H, Lucciola J, Puzzar S. Concentraciones de hormonas tiroideas séricas durante el crecimiento y la pubertad en novillas lecheras carora de Venezuela. *Gaceta de Ciencias Veterinarias* 1998; 4 (2): 41-54.
35. Campos R, Hernández EA. Relación nutrición/fertilidad en bovinos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira; 2008.
36. Rowntree JE, Hill GM, Hawkins DR, Link JE, Rincker MJ, Bednar GW, Kreft RA Jr. Effect of Se on selenoprotein activity and thyroid hormone metabolism in beef and dairy cows and calves. *J Anim Sci* 2004; 82: 2995-3005.

37. Beckett GJ, Russel A, Nicol F, Sahu P, Wold R, Arthur JR. Effects of selenium deficiency on hepatic type I 5-iodothyronine deiodinase activity and hepatic thyroid hormone level in the rat. *Biochem J* 1992; 282: 483-486.
38. Contreras PA, Matamoros R, Monroy R, Kruze J, Leyan V, Andaur H, Bohmwald H, Wittwer F. Effects of selenium deficient diet in blood values of T3 and T4 in cows. *Comp Clin Pathol* 2002; 11: 65-70.
39. Contreras PA, Wittwer F, Matamoros R, Mayorga IM, Van Schaik G. Effect of grazing pasture with a low selenium content on the concentrations of triiodothyronine and thyroxine in serum, and GSH-Px activity in erythrocytes in cows in Chile. *N Z Vet J* 2005; 53 (1): 77-80.
40. Thompson KM, Haibach H, Sunde RA. Growth and plasma triiodothyronine concentrations are modified by selenium deficiency and repletion in second-generation selenium-deficient rats. *J Nutr* 1995; 125 (4): 864-873.
41. Beckett GJ, Nicol F, Rae PW, Beach S, Guo Y, Arthur JR. Effects of combined iodine and selenium deficiency on thyroid hormone metabolism in rats. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 240S-243S.
42. Cestnik V, Cebulj-Kadunc N, Snoj T, Kosec M, Horvat A. Concentration changes of thyroid hormones in young bulls. *Veterinarske-Novice* 2000; 26 (1): 177-180.
43. Thrift TA, Bernal AW, Lewis DA, Neuendorff DA, Willard CC, Randel RD. Effects of induced hypothyroidism or hyperthyroidism on growth and reproductive performance of Brahman heifers. *J Anim Sci* 1999; 77: 1833-1843.
44. Thrift TA, Bernal A, Lewis AW, Neuendorff DA, Willard CC, Randel RD. Performance of primiparous Brahman cows. Effects of induced hypothyroidism on weight gains, lactation, and reproductive. *J Anim Sci* 1999; 77: 1844-1850.
45. Spicer L, Alonso J, Chamberlain C. Effects of thyroid hormones on bovine granulosa and thecal cell function in vitro: dependence on insulin and gonadotropins. *J Dairy Sci* 2001; 84 (5): 1069-1076.
46. Carrillo-Barbosa RD. Yodo, hormonas tiroideas y reproducción bovina. [Internet]. Disponible en: [http://www.sinervia.com/pdf/resources/56/365\\_yodo,%20hormonas%20tiroideas%20y%20reproduccion%20bovina.pdf](http://www.sinervia.com/pdf/resources/56/365_yodo,%20hormonas%20tiroideas%20y%20reproduccion%20bovina.pdf). Consultado Enero de 2014.
47. Ashkar FA, Bartlewski PM, Singh J, Malhi PS, Yates KM, Singh T, King WA. Thyroid hormone concentrations in systemic circulation and ovarian follicular fluid of cows. *Exp Biol Med* 2010; 235 (2): 215-221.
48. Moradi-Kor N, Moradi K. A Review of biochemical metabolites concentration and hormonal composition of ovarian follicular fluid in domestic animals. *Annual Review & Research in Biology* 2013; 3 (3): 246-255.
49. Díez-Monforte C, Fernández-Celadilla L, Abad-Gavin. Hormonas tiroideas en ganado vacuno de aptitud lechera: Relación con la actividad reproductiva. *Arch Zootec* 1993; 42 (160): 435-440.
50. Gueorguiev IP. Thyroxine and triiodothyronine concentrations during lactation in dairy cows. *Ann Zootech* 1999; 48: 477-480.
51. Djoković R, Šamanc H, Bojkovski J, Fratrić N. Blood concentrations of thyroid hormones and lipids of dairy cows in transitional period. *Lucrări Stiintifice Medicină Veterinară* 2010; 43 (2): 43-40.
52. Tiirats T. Thyroxine, triiodothyronine and reverse-triiodothyronine concentrations in blood plasma in relation to lactational stage, milk yield, energy and dietary protein intake in Estonian dairy cows. *Acta Vet Scand* 1997; 38 (4): 339-348.
53. Gupta B, Moolchandani A, Sareen M. Effect of induced Hypothyroidism on plasma cholesterol and bilirubin in Marwari Sheep. *Vet World* 2010; 3 (7): 323-325.
54. Martínez Y, Chongo B. Una nota acerca de las concentraciones de tiroxina (T4) y triiodotironina (T3) en vacas lecheras en pastoreo de gramíneas de baja calidad. *Rev cubana Cienc Agric* 2001; 35: 383-385.
55. Samanc H, Stojic V, Kirovski D, Jovanovic M, Cernescu H, Vujanac I. Thyroid hormones concentrations during the Mid-Dry Period: An Early Indicator of Fatty Liver in Holstein-Friesian Dairy Cows. *J Thyroid Res* 2010; 2010: 1-6.