

# Dinámica de los Cambios en la Concentración de Yodo en la Leche de las Vacas Lecheras

Susicley Maria<sup>1</sup>, Lacina Teixeira<sup>2</sup>, Oliveira Carla<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad de Guadalajara, México

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Yucatán, México

<sup>3</sup>Facultad de Biología, Universidad de Guanajuato, México

**Resumen:** Los animales pueden utilizar yodo presente en el alimento o en el agua potable. El contenido de yodo en los tejidos vegetales y animales está mucho más afectado por la composición geológica del suelo que por la distancia desde la costa del mar. Los resultados de las investigaciones llevadas a cabo por la OMS a fines del siglo pasado indican que el territorio de Europa Central debe considerarse como un área afectada por el bocio endémico.

**Palabras clave:** Vacas Lecheras, Leche, Yodo, Orina

## 1. Introducción

Los animales pueden utilizar yodo presente en el alimento o en el agua potable. El contenido de yodo en los tejidos de plantas y animales está mucho más afectado por la composición geológica del suelo que por la distancia desde la costa del mar[1]. Los resultados de las investigaciones llevadas a cabo por la OMS a fines del siglo pasado indican que el territorio de Europa Central debe considerarse como un área afectada por el bocio endémico[2].

El indicador biológico óptimo de la concentración insuficiente de yodo en el suelo son los rumiantes (ca le, ovejas, cabras) que consumen grandes cantidades de forrajes y agua procedentes del área donde viven[3]. La baja ingesta de yodo y su utilización limitada debido a la acción de las sustancias bociogénicas provocan hipotiroidismo asociado con trastornos de la salud. Las bajas concentraciones de yodo en los alimentos son responsables de las deficiencias de yodo en la población humana, particularmente en bebés y niños, en quienes la leche y los productos lácteos son las principales fuentes de yodo[4].

Las concentraciones de yodo en orina se consideran el indicador decisivo del estado de yodo en el hombre. La idoneidad de este sistema (ICCIDD) para la evaluación del estado del yodo en animales ha sido confirmada por Herzig, quienes encontraron una deficiencia moderada de yodo en el 50.6% de las vacas lecheras[5]. Además de la concentración de yodo en la orina, la investigación de las funciones tiroideas y el análisis del suero sanguíneo, el estado del yodo también se puede evaluar mediante la determinación de la concentración de yodo en la leche, que varía significativamente en función del contenido de yodo en la dieta, pero también pueden verse influenciados por la ingesta parenteral de yodo. A este respecto, se estudiaron los efectos de los desinfectantes de ubre que contienen yodo[6].

## 2. Material y métodos

Además de los métodos convencionales de suplementación con yodo (como con yoduro de potasio), los productos que contienen yodo unido a la base de aceite - ésteres de ácidos grasos y yodados (IFAE) se usan en la profilaxis de la deficiencia de yodo humano. Los IFAE se administran por vía oral o parenteral a las poblaciones que viven en áreas afectadas por bocio endémico[7]. El tratamiento con una dosis única de IFAE proporcionó protección a largo plazo contra los trastornos de salud debido a la deficiencia de yodo. La administración oral de aceite yodado es más simple, pero su efecto es más corto que el del tratamiento intramuscular[8].

La eficacia de IFAE se probó esporádicamente en animales de laboratorio y de granja con deficiencia de yodo. La administración de IFAE a conejos demostró el paso transplacentario de yodo y su excreción en la leche en hembras embarazadas y lactantes, respectivamente[9]. Azuolas y Caple demostraron concentraciones significativamente más altas de yodo de leche en ovejas 16 meses después de la administración intramuscular de una dosis única de aceite yodado[10].

Se buscó respuesta a la pregunta de si una sola dosis oral o intramuscular de aceites yodados puede garantizar suficientes concentraciones de yodo en la leche durante todo el período de lactancia en rumiantes, que se caracterizan por varias particularidades morfológicas y fisiológicas, una

posible excreción relativamente alta de yodo en la leche. ingesta a largo plazo de bociógenos y exposición a otros factores que pueden influir en la utilización de yodo y su excreción urinaria [11].

El estudio piloto se realizó en un rebaño de cabras en Ratibořice (distrito de Třebíč). Las concentraciones de yodo en el suero sanguíneo se determinaron en seis cabras preñadas seleccionadas al azar antes del experimento. El experimento se llevó a cabo en cuatro cabras preñadas jóvenes, de las cuales dos recibieron dosis únicas de 1 200 mg de yodo por vía oral en forma de IFAE (480 mg de yodo por 1 ml de aceite yodado) aproximadamente 11 días antes del parto y dos sirvieron como controles no tratados. Todas las cabras entregadas después de 8 a 14 días. Se tomaron muestras de calostro y leche para la determinación de la concentración de yodo desde el día 7 después del parto y el muestreo continuó a intervalos de 20 a 30 días hasta aproximadamente el día 150. Las cabras experimentales se expusieron a las mismas condiciones de manejo y alimentación que el resto de la manada [12].

El experimento en vacas lecheras se realizó en tres grupos análogos de veinte vacas lecheras (Piedras rojas checas × Ayrshire × Holstein) en la granja Luková de la Cooperativa Agrícola Žichlín desde agosto hasta abril. Los grupos se formaron considerando las proporciones de la raza, edad, peso corporal, número de lactancia, producción de leche para el último período de lactancia, estado reproductivo y fecha de parto esperada. El grupo A (n = 20) se trató por vía oral y el grupo B (n = 20) por vía intramuscular con IFAE a 10 mg / kg de peso corporal 14 días antes de la fecha de parto esperada y las vacas no tratadas del grupo C sirvieron como controles. Se usó el producto Lipoidol (Byk Gulden, Francia), que contenía 480 mg de yodo por 1 ml de aceite.

Los tres grupos se alojaron en condiciones idénticas y se alimentaron con dietas idénticas que consistían en ensilaje de maíz, heno de trébol, heno de pradera, paja de trigo y concentrados. El contenido de nutrientes en los forrajes correspondió a un rendimiento diario de leche de 10 l. La cantidad de concentrados mezclados con otros componentes se calculó para cumplir con el requisito de que las vacas rindan 20 litros de leche diariamente y la dosis para las vacas que rindan más de 20 litros fue individual. La ración se complementó con una mezcla mineral libre de yodo. Las vacas fueron monitoreadas regularmente durante 157 días después del parto, lo que correspondió aproximadamente a 170 días después del tratamiento. Las últimas muestras fueron recolectadas en el día 240 después de la entrega.

Las concentraciones de yodo de la leche se determinaron espectrofotométricamente después de una mineralización alcalina seca a 600 ° C por el método de Sandell-Kolthoff. El principio del método consiste en la reducción de  $Ce^{4+}$  a  $Ce^{3+}$  en presencia de  $As^{3+}$  en una reacción catalizada por yodo. El método determina el yodo inorgánico total y unido a proteínas. Los datos obtenidos se procesaron utilizando el software estadístico y gráfico STAT-Plus.

La concentración media inicial de yodo en el suero sanguíneo fue de  $89.5 \pm 20.3 \mu\text{g} / \text{l}$  (rango 59.9 a 115.6  $\mu\text{g} / \text{l}$ ). Bobek considera que las concentraciones inferiores a 100  $\mu\text{g} / \text{l}$  en el río y los pequeños rumiantes son un signo de ingesta insuficiente de yodo. Por lo tanto, el estado de yodo en el rebaño de cabras se puede clasificar como deficiencia moderada.

La dinámica de las concentraciones de yodo calostroal y de leche durante el período de observación se muestra en los resultados. Los resultados indican que las concentraciones en los primeros 54 días después de la administración oral de IFAE fueron notablemente más altas. Aunque disminuyeron en el período comprendido entre el día 75 y el día 152, siempre superaron a los encontrados en el grupo de control y fueron dos veces más altos en el día 152. Los resultados indican claramente que la administración oral única de IFAE puede cumplir con el requisito de yodo por un tiempo limitado. período y aumentar su concentración en la leche.

Las concentraciones de yodo urinario se determinaron en un experimento preliminar en diez vacas seleccionadas al azar que diferían en las etapas del ciclo reproductivo para evaluar el estado del yodo. Las concentraciones medias en vacas secas (n = 4), altamente preñadas (n = 3) y paridas (n = 3) fueron  $12.0 \pm 13.4$ ,  $129 \pm 71.9$  y  $146 \pm 61.7 \mu\text{g} / \text{l}$ , respectivamente. Las concentraciones fueron influenciadas significativamente por la alimentación de un suplemento concentrado que contenía oligoelementos, entre ellos 5 mg de yodo por 1 kg. Los resultados, resumidos, indican que la ingesta de yodo durante el período seco, cuando las vacas fueron alimentadas únicamente con forrajes, fue insuficiente. La alimentación del concentrado suplementado aumentó las concentraciones de yodo en la orina a un nivel suficiente, que persistió después del parto, aunque estuvo notablemente influenciado por el alto rendimiento (30 a 36 l por día).

Se administraron IFAE a vacas de los grupos experimentales 14 días antes de la fecha de entrega esperada. Debido a las discrepancias entre las fechas de entrega esperadas y reales, el período de tratamiento a entrega no

fue uniforme. Por lo tanto, los resultados se evaluaron teniendo en cuenta tanto la fecha real de entrega como la fecha de tratamiento.

La muestra la dinámica de las concentraciones de yodo en la leche en las vacas control y las tratadas por vía oral o intramuscular con IFAE en relación con la fecha de entrega. El valor medio para las vacas control fue de  $112 \pm 54.0 \mu\text{g} / \text{l}$ . No se observaron fluctuaciones marcadas durante el período experimental. El tratamiento oral único con IFAE aumentó la excreción de yodo en la leche solo de manera insignificante y durante un período limitado de aproximadamente 30 días. Por otro lado, el tratamiento intramuscular resultó en un marcado aumento de la concentración de yodo en la leche que persistió durante el período de observación de 240 días. En comparación con el control y las vacas tratadas oralmente, las diferencias fueron altamente significativas ( $P < 0.01$ ). La disminución de las concentraciones de yodo en la leche fue lenta con fluctuaciones moderadas solamente.

La Figura 3 muestra la dinámica de las concentraciones de yodo en la leche en las vacas control y las tratadas por vía oral o intramuscular con IFAE en relación con la fecha de tratamiento. Los valores obtenidos y la dinámica de las concentraciones son más precisos ya que las concentraciones de yodo en la leche fueron influenciadas por el lapso de tiempo desde el tratamiento. Un grupo de vacas tratadas por vía oral con IFAE tuvo niveles de yodo significativamente ( $P < 0.01$ ) más altos durante 41 días después del tratamiento en comparación con el grupo control. Las concentraciones de yodo en la leche fueron significativamente ( $P < 0.01$ ) más altas durante el período de monitoreo (240 días) en las vacas tratadas intramuscularmente con IFAE en comparación con las vacas control y las vacas tratadas oralmente.

Las concentraciones medias de yodo en la leche durante todo el período experimental (240 días) fueron  $112 \pm 54.0$ ,  $116 \pm 50.8$  y  $350 \pm 168.5 \mu\text{g} / \text{l}$  en las vacas control, en vacas tratadas por vía oral y en vacas tratadas por vía intramuscular, respectivamente.

La muestra la evaluación del rendimiento de leche en vacas durante la última lactancia antes del experimento, después de 100 y 200 días de lactancia con tratamiento con IFAE. El rendimiento de la leche se mejoró tanto con el tratamiento oral como intramuscular con IFAE. El rendimiento (kg de leche / animal) calculado para la gordura constante de la leche del 4% fue de 2 432 kg en el control durante los primeros días de lactancia y de 2 941 kg en vacas con tratamiento intramuscular, es decir, un 20,9% más. En el tratamiento oral, el rendimiento fue de 2 603 kg, es decir, un 7% más alto en comparación con el control. Después de 200 días de lactancia, los valores correspondientes fueron 4 175, 4 872 y 4 618 kg, lo que significa un 16,7% y un 11,6% más en comparación con los grupos de control.

La deficiencia de yodo en la República Checa resulta de la composición geológica local y suposición geográfica. Los tres grupos de formaciones geológicas, que se pueden distinguir en la República Checa, incluyen: rocas cristalinas con un contenido de yodo casi nulo, rocas volcánicas con un mayor contenido de yodo en Bohemia Occidental y sedimentos cuaternarios, incluida la arcilla de Panonia con el contenido de yodo relativamente más alto en el sur de Moravia. Ninguna de las tres formaciones es lo suficientemente rica en yodo para asegurar un nivel satisfactorio en la cadena alimentaria. Además, la República Checa está situada en una cuenca hidrográfica desde la cual la mayor parte del agua de precipitación fluye después de la fuga de yodo de las rocas. Este proceso es acelerado por la agricultura intensiva que resulta en una disminución de la materia orgánica en el suelo y la aceleración de la elución de yodo. Las áreas con el menor contenido de yodo en el suelo, el agua y los cultivos incluyen Bohemia del Sur y Sudeste, Moravia del Sudoeste y las Montañas Jeseníky en Moravia del Norte.

Una ingesta de yodo suficiente es de importancia esencial para el funcionamiento normal de la glándula tiroides. Sus hormonas juegan un papel importante en los procesos metabólicos y las funciones basales. La hipofunción de la glándula tiroides debido a la baja ingesta de yodo generalmente se acompaña de trastornos de salud.

### 3. Resultados

Los datos en la literatura varían sobre los niveles de yodo de referencia en la leche de rumiantes. Los cambios en los niveles de yodo en las vacas lecheras se deben a varias causas y factores de predisposición. Las medidas restrictivas en la alimentación, especialmente el uso de piensos sin suplementos minerales que contengan yodo, la composición desequilibrada de nutrientes en la ración y la calidad del alimento desempeñan un papel importante. La alimentación de forrajes y el riego con agua de alto nivel de nitrato puede afectar la ingesta de yodo, así como las dietas que contienen glucosinolatos que aumentan la acumulación de yodo en la glándula tiroides. Si la ingesta de yodo en la dieta es baja, los factores biogénicos y otros factores pueden afectar la utilización de yodo, lo que resulta en su insuficiencia. Los biogénos pueden reducir la utilización de yodo por la glándula tiroides o influir en su metabolismo. El abandono de la desinfección de la ubre con preparaciones que contienen yodo, así como la cría a gran escala de animales de granja con una mayor carga de animales son

otros factores importantes. Todos estos factores pueden influir en los niveles de yodo en el suero sanguíneo y la leche y, en consecuencia, afectar los niveles de yodo en humanos.

Miller y Swanson declararon que en los rumiantes en condiciones normales de ingesta de yodo, aproximadamente el 8% del yodo se excreta en la leche. Las concentraciones de yodo en la leche aumentan si se alimentan los suplementos que contienen yodo. Los niveles de yodo en la leche dependen también de la etapa de lactancia, existe una correlación directa con la producción de leche, el yodo en una cantidad de 30 a 100  $\mu\text{g} / \text{l}$  es un componente constante de la leche. Groppe y col mencionaron 20 a 70  $\mu\text{g} / \text{l}$  de leche como valores normales. Valores inferiores a 20  $\mu\text{g} / \text{l}$  sugieren deficiencia de yodo en las raciones. La dieta sin suplementos de yodo resultó en 44  $\mu\text{g} / \text{l}$  en orina y 20  $\mu\text{g} / \text{l}$  en leche que corresponde con los datos de Vlčková, quien registró niveles de yodo en la leche inferiores a 20  $\mu\text{g} / \text{l}$  mientras alimentando comidas con cereales.

Groppe y col señalaron que el calostro y la leche de ovejas y cabras contienen más yodo que la leche de vacas bajo la misma dieta, y los niveles de yodo inferiores a 79  $\mu\text{g} / \text{l}$  (oveja) o 62  $\mu\text{g} / \text{l}$  (cabra) se consideran deficientes. Azuolas y Caple en un monitoreo exhaustivo de 59 rebaños de ovejas encontraron que las concentraciones promedio de yodo en la leche variaban de 79  $\mu\text{g} / \text{l}$  a 831  $\mu\text{g} / \text{l}$ . En dos rebaños con incidencia de bocio en corderos, los niveles de yodo en la leche estaban en el rango de 45  $\mu\text{g} / \text{l}$  a 98  $\mu\text{g} / \text{l}$ . Después de la suplementación con 30  $\mu\text{g}$  de yodo por animal y día Mason (1976) registró en la leche de ovejas 45  $\mu\text{g} / \text{l}$  de yodo; a este nivel, el 80% de los corderos sufrieron bocio neonatal, mientras que a dosis diarias de 80 a 100  $\mu\text{g}$  de yodo, los corderos recién nacidos no sufrieron trastornos de la glándula tiroidea y el contenido de yodo en la leche fue de 95 a 131  $\mu\text{g} / \text{l}$ .

El porcentaje de yodo suplementado excretado en la leche fue de 11.6%, 9.5% y 12.8% con una cobertura de 33%, 66% y 100% de los requerimientos de yodo, respectivamente. Estos valores representan del 7 al 27% de los reportados por Kirchgessner y se corresponden con los datos de Binerts que dan del 7 al 10%. Kaufmann y col declararon una correlación negativa entre la ingesta de yodo y su excreción en la leche en la suplementación con 20, 60 y 150 mg de yodo por día, excepto por el período con 60 mg de suplementación de yodo. La eliminación de las fuentes de yodo de la ración de las vacas lecheras se acompaña de una disminución gradual de las concentraciones de yodo en la orina, sin embargo, en la leche, la disminución no fue igualmente gradual.

#### 4. Conclusión

Las fuentes de yodo convencionales son yoduro de potasio (76.45% de yodo) y EDDI - dihidroyoduro de etilendiamina (80.53% de yodo). Se observó un aumento uniforme de los niveles de yodo en orina y leche en su administración. En la cobertura total de los requerimientos de yodo, el nivel promedio en orina fue de 336  $\mu\text{g}$ , y en la leche de 147  $\mu\text{g}$  de yodo por litro. Bobek et al. Encontraron un desarrollo similar de la dinámica del nivel de yodo después de la aplicación oral de KI y EDDI.

Además de la suplementación con yodo en forma de yoduro de potasio o EDDI, el yodo unido a la base de aceite, es decir, los ésteres de ácidos grasos yodados (IFAE) se han utilizado con mayor frecuencia durante la última década en la profilaxis de la deficiencia de yodo en humanos. Los IFAE se aplican por vía oral o intramuscular a poblaciones que viven en áreas afectadas por bocio endémico. Una sola aplicación de ésteres de ácidos grasos yodados proporcionó a los humanos una protección a largo plazo contra los trastornos de salud causados por la deficiencia de yodo. La aplicación oral de aceites yodados es más simple en comparación con el tratamiento intramuscular, pero el efecto es más corto. Los datos sobre las concentraciones de yodo en la leche de los rumiantes después de la aplicación de ésteres de ácidos grasos yodados son solo esporádicos.

En los escolares, el tiempo de eficiencia promedio, basado en niveles de yodo en orina superiores a 0,40  $\mu\text{mol} / \text{l}$ , fue después de una sola aplicación de ésteres de ácidos grasos yodados (490 mg / l) 13,7 semanas, en una dosis fraccionada (2  $\times$  245 mg / l) 9,9 semanas, y en una sola dosis de ésteres ácidos de triacilglicerol yodado (675 mg / l) el efecto persistió durante 52,5 semanas. La retención y la eliminación de aceites yodados no se ven influenciadas por una aplicación oral única o repetida, la división en dos dosis no mejora la eficiencia.

En áreas con deficiencia de selenio, como es el caso de la República Checa, la suplementación de selenio y yodo puede aumentar el rendimiento de la leche y el contenido de grasas y proteínas en la leche de ovejas.

## Referencias

- [1] Cucunubo, L.G., Strieder-Barboza, C., Wittwer, F., Noro, M. (2013) “Use of blood, urine and milk samples in the diagnosis of subclinical ketosis and negative energybalance in grazing dairy cows”, *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*, 23(2), pp. 111-119.
- [2] Piccardi, M., Balzarini, M., Bó, G.A., Funes, A.C. (2012) “Morphological traits and the association with milk production in Holstein cows”, *Revista Veterinaria*, 23(2), pp. 134-137.
- [3] Salcedo, G., Villar, A., Mier, M., Doltra, J. (2018) “Effect of mixing triticale with crimson clover on milk production and composition of grazing dairy cows”, *ITEA Informacion Tecnica Economica Agraria*, 114(1), pp. 33-44.
- [4] Lúcio, É.C., Albuquerque, M.S., Oliveira, J.M.B., Gouveia, G.V., Costa, M.M., Mota, R.A., Pinheiro, J.W. (2018) “Occurrence of genes encoding staphylococcal enterotoxins isolated from cow’s milk samples”, *Ciencia Animal Brasileira*, (19), art. no. e43108.
- [5] Inostroza, K.B., Scheuermann, E.S., Sepúlveda, N.A. (2013) “Stearoyl CoA desaturase and fatty acid synthase gene polymorphisms and milk fatty acidcomposition in Chilean Black Friesian cows”, *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 26(4), pp. 263-269.
- [6] de Araújo, W.A.G., Carvalho, C.G.V., Marcondes, M.I., do Sacramento, A.J.R., Paulino, P.V.R. (2012) “Exogenous oocytin and calf presence on performance and milk quality of crossbred cows”, *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 49(6), pp. 465-470.
- [7] Coutinho, L.C.A., Medeiros, E.S., Silveira, N.S.S., Silva, L.B.G., Mota, R.A. (2012) “In vitro efficacy of disinfectants used for antiseptis of teats against yeasts isolated from milk of dairy cows with mastitis”, *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 32 (1), pp. 61-65.
- [8] Santos, L.V., Da Cunha Siqueira Carvalho, C., Ruas, J.R.M., Diniz, T.A., Da Silva, E.A., De Jesus Magalhães Moreira, S. (2018) “Impact of microclimate on the physiology, hair coat and milk production of dairy cows at different seasons”, *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 17(3), pp. 368-376.
- [9] Marques, A.P.L., De Cássia Campbell Mac Hado Botteon, R., MacHado, C.H., Medeiros, B.P., De Assis, J.D., Barros, J.P.N., Araújo, F.L. (2016) “Differential count of cells in the milk of cows with subclinical mastitis with the colorations of May-Grünwald Giemsa and Gram”, *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, 38, pp. 123-127.
- [10] Revers, L.M., Danielli, A.J., Iltchenco, S., Zeni, J., Steffens, C., Steffens, J. (2016) “Acquisition and characterization of yogurts produced with sheep and cow milk”, *Revista Ceres*, 63(6), pp. 747-753.
- [11] Maciel, C.R., Bastos, C.A.C., Martins, R.R.C., Bobany, D.M. (2015) “Antimicrobial activity of bee geopropolis of jataí (*Tetragonisca angustula*) against bacteria isolated from crossbred cows milk with mastitis”, *Archives of Veterinary Science*, 20, pp. 38-46.
- [12] da Silva, J.B., Rangel, C.P., da Fonseca, A.H., Soares, J.P.G. (2012) “Gastrointestinal helminths in calves and cows in an organic milk production system”, *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 21(2), pp.87-91.

## Dynamics of Iodine Concentration Changes in the Milk of Dairy Cows

**Abstract:** Animals can utilize iodine present in feed or drinking water. The iodine content in plant and animal tissues is much more affected by geological composition of soil than by the distance from the sea coast. Results of investigations carried out by WHO at the end of the last century indicate that the territory of Central Europe must be regarded as an area affected by endemic goitre.

**Keywords:** Dairy Cows, Milk, Iodine, Urine