

Importancia nutricional e inmunológica del calostro en becerros

Nutritional and immunological importance of colostrum in calves

Andrea Jocelin Ortiz-Llerenas^a, Juan Augusto Hernández-Rivera^b, Omar Francisco Prado-Rebolledo^b, Arturo César García-Casillas^{b}*

Abstract:

The proper nutrition and immunity of calves in their first weeks of life depend on strategic feeding that begins with high-quality colostrum, followed by well-formulated milk or substitutes. This review examines the energy, protein, mineral, vitamin, and water requirements in relation to the physiological development of calves. It also discusses the use of acidified milk in hot climates, the formulation of starters for transitioning to solid feed, and the importance of early access to water for ruminal development. Through experimental data and updated references, it describes how these elements impact the animal's growth, immunocompetence, and digestive health. Finally, it details the anatomical and physiological changes in the digestive system during the transition to functional ruminants. Understanding these aspects enables the establishment of effective feeding strategies to enhance productivity and mitigate disease, particularly in tropical or intensive management conditions.

Keywords:

Colostrum, milk replacer, energy, protein, minerals, vitamins, water, digestive tract, calves.

Resumen:

La adecuada nutrición e inmunidad de los becerros en sus primeras semanas de vida dependen de una alimentación estratégica que inicie con calostro de alta calidad, seguida de leche o sustitutos bien formulados. Esta revisión aborda los requerimientos de energía, proteína, minerales, vitaminas y agua en relación con el desarrollo fisiológico del becerro. También se analizan el uso de leche acidificada en climas cálidos, la formulación de iniciadores para la transición al alimento sólido y la importancia del acceso temprano al agua para el desarrollo ruminal. Mediante datos experimentales y referencias actualizadas, se describe cómo estos elementos afectan el crecimiento, la inmunocompetencia y la salud digestiva del animal. Finalmente, se detallan los cambios anatómico-fisiológicos del sistema digestivo durante la transición hacia rumiantes funcionales. Comprender estos aspectos permite establecer estrategias de alimentación eficaces para mejorar la productividad y reducir enfermedades, especialmente en condiciones tropicales o de manejo intensivo.

Palabras Clave:

Calostro: sustituto de leche, energía, proteína, minerales, vitaminas y agua; para el tracto digestivo; becerros.

1. Introducción

En los becerros, la absorción de nutrientes e inmunoglobulinas durante las primeras 4 h de vida se realiza a partir del calostro [1]. Posteriormente, la leche y sus sustitutos desempeñan un papel más importante en su alimentación [2]. Ya que es a partir de ellos que el becerro obtiene

diacilgliceroles, ácidos grasos libres, glucosa y galactosa, considerados los principales sustratos energéticos antes del destete [3, 4]. Cuando los becerros comienzan a consumir alimento seco, el rumen desarrolla una población microbiana, ocurre la fermentación ruminal, se producen ácidos grasos volátiles (AGV) y se desarrolla el epitelio ruminal [5,

^a Universidad de Colima. Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria. Andrea Jocelin Ortiz-Llerenas, <https://orcid.org/0009-0009-8311-310X>; Email: aortiz8@ucol.mx;

^b Universidad de Colima. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Juan Augusto Hernández-Rivera, <https://orcid.org/0000-0003-1805-5264>, Email: jhernandez2@ucol.mx; Omar Francisco Prado-Rebolledo, <https://orcid.org/0000-0001-8802-0177>, Email: omarpr@ucol.mx; Arturo César García-Casillas, <https://orcid.org/0000-0002-7716-210X>, Email: cesargarciacasillas@hotmail.com

* Autor de correspondencia: Email: cesargarciacasillas@hotmail.com

Fecha de recepción: 08/03/2025, Fecha de aceptación: 07/04/2025, Fecha de publicación: 05/01/2026

DOI: <https://doi.org/10.29057/icap.v12i23.14630>



6]. Este conjunto de adaptaciones nutricionales, fisiológicas y anatómicas es fundamental para mantener el desarrollo óptimo del becerro [1]. Por lo tanto, el objetivo de la presente revisión es describir la importancia del calostro, la leche y los sustitutos de leche que se administran a los becerros. También se hace hincapié en los requisitos de energía, proteínas, minerales, vitaminas y agua. Se explora el papel de los iniciadores y su transición del alimento líquido al sólido, y se concluye con un análisis de la anatomía y la fisiología del tracto digestivo del becerro.

2. Calostro

La absorción de inmunoglobulinas en los becerros es óptima en las primeras 4 h después del nacimiento, disminuye rápidamente después de 12 h y se detiene cerca de 24 h posparto [7]. Por lo tanto, los becerros deben ser alimentados con calostro lo antes posible después del nacimiento [8]. A los becerros se les debe proporcionar calostro de alta calidad (gravedad específica >1,050 y concentraciones de inmunoglobulinas clase IgG >50 g/L) correspondientes al 12% del peso vivo (PV) para garantizar una absorción suficiente de anticuerpos, y en consecuencia,

reducir el riesgo de patologías entéricas y respiratorias [9].

En este contexto, es importante considerar que, desde las primeras horas de vida, los becerros no solo requieren calostro de alta calidad por su aporte inmunológico, sino también por su contribución inicial para cubrir las demandas energéticas y proteicas básicas. Schubert et al. [10] Revisaron los componentes del calostro, destacando que contiene macronutrientes, oligosacáridos, células y microorganismos esenciales para el desarrollo del tracto gastrointestinal y la transferencia pasiva de inmunidad. Como se muestra en el Cuadro 1, un becerro de 45 kg de peso vivo necesita aproximadamente 1.74 Mcal/d de energía metabolizable y 30 g/d de proteína cruda para su mantenimiento. Estos valores son consistentes con los hallazgos de Rodrigues et al. [11], quienes reportaron que los becerros jóvenes requieren 0.08598 Mcal de energía neta de mantenimiento por cada kilogramo de peso metabólico, así como 3.88 g de proteína metabolizable por kg de peso metabólico por día, cifras que reflejan las exigencias nutricionales necesarias para el crecimiento y el mantenimiento en condiciones tropicales.

Cuadro 1. Requerimientos diarios de energía y proteína de becerros jóvenes alimentados sólo con leche o sustituto de leche

Peso vivo (kg)	Ganancia diaria (g)	Ingesta de materia seca (kg)	Energía metabolizable (Mcal)	Energía		Proteína	
				Energía digestiva (Mcal)	Proteína digestible aparente (g)	Proteína cruda (g)	
25	0	0.24	1.12	1.17	18	20	
	200	0.32	1.50	1.56	65	70	
	400	0.42	2.00	2.08	113	121	
30	0	0.27	1.28	1.34	21	23	
	200	0.36	1.69	1.76	68	73	
	400	0.47	2.22	2.31	115	124	
40	0	0.34	1.59	1.66	26	28	
	200	0.43	2.04	2.13	73	79	
	400	0.55	2.63	2.74	120	129	
45	0	0.69	3.28	3.41	168	180	
	200	0.37	1.74	1.81	28	30	
	400	0.46	2.21	2.30	76	81	
50	0	0.59	2.82	2.94	123	132	
	200	0.74	3.50	3.64	170	183	
	400	0.40	1.88	1.96	31	33	
	200	0.45	2.37	2.47	78	84	
	400	0.63	3.00	3.13	125	135	
	600	0.78	3.70	3.86	173	185	

^a Consumo de materia seca (MS) necesario para satisfacer los requerimientos de energía metabolizable (EM) de becerros alimentados sólo con leche o con sustituto de leche, con EM a 4.75 Mcal/kg de MS [12, 13].

3. Leche

Tener varias vacas de reemplazo en la Unidad de Producción Animal facilita la disponibilidad de calostro con inmunoglobulinas endémicas para el hato, que defiendan a los becerros contra patologías a las que sus madres fueron expuestas [9]. Lo que se traduce en una inmunidad pasiva natural efectiva [6]. Las proteínas de origen lácteo tienen una digestibilidad cercana al 93% en los neonatos [13]. La leche que se les da a los becerros puede ser un sustituto de leche, leche entera del tanque de almacenamiento o de menor calidad, p. ej., leche de vacas tratadas con antibacterianos [8]. En la actualidad se recomienda alimentar a los becerros menores de 4 semanas de edad con una ración de leche equivalente al 20% del PV [9]. Estudios en condiciones tropicales han evaluado alternativas, como la leche acidificada, para mejorar la conservación en climas cálidos. En Brasil, se observó que los becerros alimentados con leche acidificada mantuvieron una ganancia de peso adecuada, menor incidencia de diarrea y un buen consumo voluntario, lo que sugiere que esta práctica puede ser efectiva para optimizar el manejo de la leche en zonas cálidas [14].

4. Energía

El National Research Council [12], señaló que para el mantenimiento de becerros de 45 kg de PV se requiere aproximadamente 1.75 Mcal/d. La leche contiene aproximadamente 5,37 Mcal de EM/kg de sólidos. Por lo tanto, un becerro de 45 kg de PV requiere aproximadamente 325 g de sólidos lácteos, o 2.6 kg de leche entera (equivalente a 2.5 L), sólo para su mantenimiento [8]. El nivel de energía mencionada por el National Research Council [15] es con base en un ambiente termoneutral (15 a 25 °C). En consecuencia, cuando la temperatura ambiental se encuentra fuera de este rango, el requerimiento de energía para el mantenimiento aumenta [16]. Los requerimientos energéticos en sistemas tropicales pueden diferir de las recomendaciones estándar. En un estudio con becerros Yak, se determinó un requerimiento de 1.278 Mcal/d de energía neta para mantenimiento útiles para entornos de alta altitud y bajas temperaturas, pero también comparables a condiciones de estrés calórico en el trópico [17]. Por otro lado, razas adaptadas al trópico, como Holstein

× Gyr, han demostrado que los requerimientos de energía y proteína pueden variar significativamente respecto a los valores del NRC. De hecho, la eficiencia de utilización de nutrientes en estas cruzas es distinta, y por tanto, las recomendaciones deben ajustarse según genética y entorno [18].

5. Proteína

Los becerros también requieren proteína dentro de su dieta como fuente de aminoácidos (aa) para su desarrollo y crecimiento [7]. Un becerro de 45 kg de PV (Cuadro 1) requiere aproximadamente 30 g/d de proteína cruda (PC) para su mantenimiento. Además, a diferencia de la energía, los requerimientos de proteínas no se alteran significativamente por frío o calor [13]. Nielsen, Alvarez [9] determinaron que el requerimiento de lisina (Lys), era de 0.70 a 0.81 g/kg de PV, y de 0.65 g/kg de PV en el caso de aa con azufre p. ej., cisteína (Cys) y metionina (Met). Cuando estos exceden los requerimientos proteicos del becerro, pueden ser utilizados como fuentes de energía [8]. En promedio, se utilizan 188 g de proteína/kg de aumento de PV en los becerros [7]. La mayor parte de la traducción proteica ocurre en los ribosomas de los hepatocitos, formando parte de procesos metabólicos como: i) síntesis enzimática, ii) síntesis hormonal, iii) división celular y iv) reparación membranal. Por lo que se requiere una suplementación continua de aa y energía [8]. En otro estudio, Schubert et al. [10] Compararon becerros alimentados con sustitutos lácteos al 19 % y al 22 % de proteína. Los resultados mostraron que el nivel inferior fue suficiente para mantener la ganancia de peso, la concentración de IGF-1 y el estado sanitario, lo que indica que es posible ajustar los niveles proteicos sin comprometer el desarrollo, especialmente en contextos donde los costos y la disponibilidad son factores limitantes.

6. Minerales

La leche entera aporta la concentración adecuada de minerales para el becerro, excepto de hierro, manganeso y selenio [7]. Los sustitutos de leche se complementan principalmente con el ión calcio (Ca^{2+}) para beneficiar la función muscular y con el fósforo para el desarrollo óseo [8]. Los becerros requieren Ca^{2+} al 1% y fósforo al 0.7%, y no tienen requerimientos dietéticos de vitamina C [19].

Aunque la leche entera cubre parcialmente los requerimientos minerales, se ha observado que los becerros alimentados con dietas de densidad proteica optimizada y con suplementación mineral adecuada mantienen niveles funcionales de crecimiento e inmunidad. En el estudio de Schubert et al. [10], los becerros no presentaron signos clínicos de deficiencias minerales pese a la reducción proteica, lo que sugiere que la formulación global del sustituto lácteo fue adecuada.

7. Vitaminas

Cuando los becerros nacen la concentración de sus vitaminas A, D y E es baja [9, 20]. Estudios han mostrado que dietas iniciales correctamente formuladas, incluso con menores niveles de proteína, son capaces de mantener una condición inmunológica adecuada si se suplementan correctamente las vitaminas liposolubles [10]. Por lo tanto, durante sus primeras horas de vida dependen de un calostro de buena calidad para elevarla [8, 19]. Estas vitaminas deben estar continuamente suplementadas para mantener el metabolismo y el mantenimiento de tejidos durante el crecimiento del becerro. De hecho, la vitamina A, se involucra en el mantenimiento del tejido epitelial, membranas, mucosas, en la vista y en la función inmunitaria [6].

8. Sustituto de leche

El sustituto de leche es un polvo elaborado a base de proteínas lácteas, que debe ser reconstituido considerando de 10 a 15% de sólidos, para conservar una buena osmolaridad [21]. La leche entera tiene una osmolaridad de 300 mOsm/kg mientras que el sustituto de leche tiende a poseer una osmolaridad más alta, con un rango entre 400 y 600 mOsm/kg [22]. Debido a que la mayoría de los sustitutos de leche tienen un menor contenido de grasa que la leche entera, presentan menos energía metabolizable (EM) por unidad de sólidos (4.6 a 4.7 Mcal/kg). Por lo tanto, un becerro de 45 kg requiere aproximadamente 380 g de sustituto de leche (equivalente a 3.0 L), sólo para su mantenimiento [8].

9. Iniciadores

Los iniciadores deben ofrecerse desde la primera semana de vida del becerro y mantenerse

disponibles hasta al menos la cuarta semana [1]. Su función principal es estimular el desarrollo ruminal mediante la provisión de nutrientes fermentables que favorezcan la colonización microbiana, la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) y el crecimiento del epitelio ruminal [23]. Para lograr una adecuada colonización y reproducción de la microbiota ruminal, el iniciador debe contener: carbohidratos fácilmente fermentables (como almidón de maíz, cebada o trigo), fibra digestible en pequeñas cantidades, y fuentes de proteína vegetal o láctea de alta calidad [24]. Estos componentes promueven el crecimiento de bacterias celulolíticas, amilolíticas y proteolíticas, esenciales para el establecimiento de un ecosistema ruminal funcional [1]. Además, es recomendable incluir pequeñas cantidades de grasas, minerales y vitaminas esenciales [8, 25]. Los iniciadores deben contener al menos 18% de proteína cruda (PC) y una energía metabolizable de 12 MJ/kg [9]. También deben suplementarse con vitaminas (A: 4000 UI/kg MS, D: 600 UI/kg MS, E: 25 UI/kg MS) y minerales como óxido de magnesio (MgO), sulfato ferroso ($FeSO_4$), carbonato de calcio ($CaCO_3$), óxido de manganeso (MnO_2), sulfato de cobre ($CuSO_4$), fosfato tricálcico [$Ca_3(PO_4)_2$], óxido de zinc (ZnO), cloruro de cobalto ($CoCl_2$), cloruro de sodio ($NaCl$), yoduro de potasio (KI) y selenito de sodio (Na_2SeO_3) [26]. El iniciador debe ser altamente palatable, libre de polvo, limpio y preferentemente presentado en forma peletizada, con un diámetro aproximado de 1.2 mm, para evitar problemas como la paraqueratosis ruminal y el timpanismo [1, 25]. La inclusión de entre 7 y 10% de melaza mejora la palatabilidad y la aceptabilidad del alimento, incentivando así su consumo temprano [2, 21].

10. Agua

El agua es parte esencial de la vida, por lo que debe estar a libre acceso desde que nace el becerro. Esto brindará un hábitat microbiano que apoye el desarrollo ruminal y estimule una mayor ingesta de iniciadores, el consumo de leche y el desempeño productivo [27]. Desde el nacimiento, los becerros toman alrededor de 150 mL/d de agua y de 1.5 a 2.5 L/d de agua previo al destete [22]. Cuando los becerros comienzan a consumir

alimento sólido, por cada kilogramo ingerido beben alrededor de 3.5 L/d de agua [28].

11. Transición de alimento líquido a sólido

En las primeras semanas de vida, los becerros son considerados como “prerumiantes” debido a que su catabolismo de carbohidratos, se asemeja al de un monogástrico [29]. El desarrollo posnatal del sistema digestivo se divide en tres fases: i) prerumiante (2.^a y 3.^a semana de edad), ii) transición (hasta que el becerro es destetado), y iii) rumiante (comienza en el destete y dura el resto de la vida del animal) [24]. El pre-rumiante consume cantidades muy bajas de alimento seco y depende principalmente de la leche o del sustituto de leche para adquirir nutrientes [9]. Cuando están entre la 3.^a y 8.^a semana de vida, entran en la fase de transición, donde comienzan a ingerir comida sólida junto con leche o con sustituto de leche [29]. Durante su desarrollo la leche entera o sustituto de leche se irá al abomoso mientras que el alimento sólido logra entrar al rumen y al retículo [9]. En las primeras dos semanas de vida, el becerro no consume cantidades significativas de alimento sólido, y es hasta la 3.^{er} semana de vida cuando el consumo de alimento sólido aumenta [28]. A medida que el becerro comienza a ingerir más cereales forrajeros de alta capacidad fermentativa, se comienza a producir AGV, y se detona el desarrollo del epitelio ruminal [5]

12. Anatomofisiología del tracto digestivo

Los rumiantes tienen un estómago dividido en cuatro compartimientos, con el rumen siendo el más grande, pero en lactantes, el rumen y el retículo son los compartimientos más pequeños [30]. El abomoso es el órgano digestivo principal al momento del nacimiento [31]. Debido al poco desarrollo del rumen-retículo, el canal reticular (o esofágico) ayuda en el momento de amamantar, ya que permite el paso de los sólidos de la leche directamente al abomoso sin entrar al retículo-rumen [4]. Durante las primeras 24 h de vida, el abomoso aún no secreta pepsinógeno, por lo que las inmunoglobulinas resisten la digestión y pueden ser absorbidas en el intestino por pinocitosis e ingresar a la sangre [24]. La absorción de inmunoglobulinas en los becerros es óptima en las primeras 4 h después del nacimiento, disminuye

rápidamente después de 12 h y se detiene cerca de 24 h posparto [32]. Cuando la leche ingresa al tracto digestivo del becerro, la esterasa contenida en la saliva hidroliza los enlaces éster de los lípidos lácteos, antes de que sean depositados en el abomoso [24]. La renina establece un enlace peptídico con la κ -caseína, y en presencia del ión Ca^{2+} causa la solidificación de las proteínas [28], por lo que se incrementa su estadía en el abomoso y se aumenta el tiempo para su digestión [4, 5]. La grasa de la leche queda atrapada dentro del coágulo, pero las proteínas del suero, la lactosa, los minerales y las vitaminas se excluyen en el suero de leche [7]. El interior del intestino delgado es alcalino, gracias a que las células centroacinares y ductales del páncreas, liberan una solución buffer rica en anión hidrógenocarbonato (HCO_3^-), que funciona como amortiguador fisiológico [4]. Las células acinares del páncreas, liberan lipasa, esterasa, glucógeno fosforilasa, glucosa-6-fosfatasa, peptidasa o proteasa, aminotransferasa y nucleasa, para la digestión de los monómeros obtenidos en el abomoso [28]. La grasa láctea atrapada dentro del coágulo, sufre cierto catabolismo por la lipasa pregástrica secretada en la cavidad oral [31]. La lactosa es catabolizada a glucosa y galactosa por la lactasa. Por lo tanto, los diacilgliceroles, ácidos grasos libres, glucosa y galactosa que ingresan al intestino delgado para su absorción, son considerados como los principales sustratos energéticos, antes de que el rumen lleve a cabo su fermentación activa [3].

13. Conclusiones

Con base en la información consultada, los becerros requieren calostro de alta calidad con una concentración correspondiente al 12% del PV. Los becerros menores de 4 semanas de vida requieren una ración de leche equivalente al 20% del PV. Al alcanzar 45 kg de PV, requieren aproximadamente 325 g de sólidos lácteos, o 2.6 kg de leche entera (equivalente a 2.5 L) y 30 g/d de PC, para su mantenimiento. Desde el nacimiento, los becerros toman alrededor de 150 mL/d de agua y de 1,5 a 2,5 L/d de agua previo al destete. Los iniciadores deben contener 18% de PC y 12 MJ/kg de EM. A medida que el becerro comienza a ingerir más alimento sólido, también comienza a producir AGV

y se inicia el desarrollo del epitelio ruminal. Este conjunto de adaptaciones nutricionales, fisiológicas y anatómicas permitirá definir criterios médicos pertinentes para considerar en el manejo preventivo de la salud del becerro.

Conflictos de intereses

Los autores manifiestan no tener conflictos de interés.

Referencias

- [1.] Welk, A., H.W. Neave, and M.B. Jensen, *The effect of weaning practices on dairy calf performance, behavior, and health. A systematic review*. J Dairy Sci, 2024. **107**(8): p. 5237-5258.
- [2.] Siddiki, M.S.R., et al., *Feeding calf starter: growth performance of crossbred dairy calves*. Asian Australas J Biosci Biotechnol, 2024. **9**(1): p. 4-9.
- [3.] Pokhrel, B. and H. Jiang, *Postnatal growth and development of the rumen: integrating physiological and molecular insights*. Biology, 2024. **13**(4): p. 1-19.
- [4.] McDonald, P., et al., *Metabolism*, in *Animal Nutrition*, P. McDonald, Editor. 2011, Prentice Hall: New York, United States. p. 192-234.
- [5.] Gao, Q., et al., *Recent advances in feed and nutrition of beef cattle in China - A review*. Anim Biosci, 2023. **36**(4): p. 529-539.
- [6.] Muruz, H. and T. Aksu, *Should pre-weaning calf diets include forage?* J Hellenic Vet Med Soc, 2023. **74**(4): p. 6573-6580.
- [7.] Drackley, J.K., *Calf nutrition from birth to breeding*. Vet Clin North Am Food Anim Pract, 2008. **24**(1): p. 55-86.
- [8.] Moran, J., *Calf Rearing: a practical guide*. 2 ed, ed. N.R.A. Enviroment. 2002, Collingwood Victoria, Australia: Landlinks Press.
- [9.] Nielsen, S.S., et al., *Welfare of calves*. EFSA J, 2023. **21**(3): p. e07896.
- [10.] Schubert, D.C., et al., *Impacts of reducing protein content in milk replacer on growth performance and health of young calves*. Animals, 2022. **12**(14): p. 1756.
- [11.] Rodrigues, J.P.P., et al., *Energy and protein requirements of young Holstein calves in tropical condition*. Tropical Animal Health and Production, 2016. **48**(7): p. 1387-1394.
- [12.] National Research Council, *Nutrient requirements of the young calf. Energy requirements of calves*, in *Nutrient requirements of dairy cattle*, Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Editor. 2001, National Academy Press: Washington, D.C. p. 214-215.
- [13.] National Research Council, *Nutrient requirements of the young calf. Protein requirements of calves*, in *Nutrient requirements of dairy cattle*, Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Editor. 2001, National Academy Press: Washington, D.C. p. 221-222.
- [14.] Coelho, M.G., et al., *Acidified milk for feeding dairy calves in tropical raising systems*. Journal of Animal Feed Sciences, 2020. **29**: p. 215-223.
- [15.] National Research Council, *Nutrient requirements of the young calf. Effects of environmental temperature on energy requirements of young calves*, in *Nutrient requirements of dairy cattle*, Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Editor. 2001, National Academy Press: Washington, D.C. p. 220.
- [16.] Wang, J., et al., *Heat stress on calves and heifers: a review*. J Anim Sci Biotechnol, 2020. **11**(1): p. 79-83.
- [17.] Bai, B., et al., *Average daily gain and energy and nitrogen requirements of 4-month-old female Yak calves*. Frontiers in Veterinary Science, 2022. **9**: p. 906440.
- [18.] Castro, M.M.D., et al., *Energy and protein requirements of Holstein × Gyr crossbred heifers*. Animal, 2020. **14**(9): p. 1857-1866.
- [19.] National Research Council, *Nutrient requirements of the young calf. Mineral and vitamin requirements of calves*, in *Nutrient requirements of dairy cattle*, Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Editor. 2001, National Academy Press: Washington, D.C. p. 223-224.
- [20.] Waldner, C.L. and F.D. Uehlinger, *Factors associated with serum vitamin A and vitamin E concentrations in beef calves from Alberta and Saskatchewan and the relationship between vitamin concentrations and calf health outcomes*. Canadian Journal of Animal Science, 2017. **97**(1): p. 65-82.
- [21.] Erickson, P.S. and K.F. Kalscheur, *Nutrition and feeding of dairy cattle*, in *Animal Agriculture*, F.W. Bazer, G.C. Lamb, and G. Wu, Editors. 2020, Academic Press. p. 157-180.
- [22.] Moffet, E. and S. Mahendran, *Feeding the pre-weaned calf*, in *Handbook of Calf Health and Management: A Guide to Best Practice Care for Calves*, Sophie Mahendran, Editor. 2021, 5M Books Ltd: United Kingdom. p. 105-130.
- [23.] Guerra, M.C.E., et al., *Beneficial effects of a calf starter versus forage on rumen development and bacteria populations in beef calves*. Cienc Rural, 2021. **51**(5): p. 1-11.
- [24.] Manju, S. and A. Kannan, *Transition of digestion in dairy calves*, in *Reviews of veterinary research what next?*, T. Giggin, Editor. 2021, Lulu Publication: Hillsborough, United States. p. 121-134.
- [25.] National Research Council, *Nutrient requirements of the young calf. Milk replacers*, in *Nutrient requirements of dairy cattle*, Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Editor. 2001, National Academy Press: Washington, D.C. p. 228-229.
- [26.] Chenoweth, P.J. and M.W. Sanderson, *Herd health management*, in *Beef practice: cow-calf production medicine*. 2005, Wiley-Blackwell: Iowa, USA. p. 65-79.
- [27.] Palczynski, L.J., et al., *Appropriate dairy calf feeding from birth to weaning: It's an investment for the future*. Animals, 2020. **10**(1): p. 1-20.
- [28.] Lorenz, I., *Calf health from birth to weaning-an update*. Ir Vet J, 2021. **74**(5): p. 1-8.
- [29.] Martín, A.M.J., et al., *Anatomy, physiology, manipulation and veterinary applications of the reticular groove*. Review. Rev Mex Cienc Pecu, 2019. **10**(3): p. 729-755.
- [30.] Wünsche, A. and K.-D. Budras, *Abdominal wall and abdominal cavity*, in *Bovine Anatomy*, P.D.K.-D. Budras, Editor. 2003, Die Deutsche Bibliothek: Hannover, Germany. p. 146-155.
- [31.] Aspinall, V. and M. Capello, *Comparative anatomy and physiology*, in *Introduction to animal and veterinary anatomy and physiology*, V. Aspinall, Editor. 2020, CAB International: Wallingford, UK. p. 221-252.
- [32.] Simões, J. and G. Stilwell, *Assisted vaginal delivery and newborn calf care*, in *Calving Management and Newborn Calf Care: An interactive Textbook for Cattle Medicine and Obstetrics*. 2021, Springer Nature: Cham, Switzerland. p. 113-143.