

# Las macroalgas: una alternativa alimentaria como forraje suplementario para la alimentación de rumiantes

*Lara Pérez Abraham,<sup>1</sup> Meza Silva Daniel<sup>1</sup>*

## RESUMEN

En este artículo, se proponen las macroalgas como alternativa para la suplementación ruminal a partir de las diferentes ventajas al utilizarlas en las dietas, siendo un enfoque en la innovación de la reducción de costos para épocas de sequía sin consecuencias, como la pérdida de peso o leche de los diferentes grupos de rumiantes. Para este trabajo, se realizó una investigación de tipo revisión sistemática en la que se analizó la información proveniente de trabajos científicos basados en el uso de macroalgas para ser utilizadas como alimento en la nutrición en los diferentes grupos de rumiantes. A partir de lo anterior, se concluyó que las macroalgas pueden ser una alternativa viable, siendo estas un insumo suplementario utilizado tanto como alimento principal en grandes porcentajes o en pequeñas adiciones a la dieta, evitando la pérdida de peso o leche en estos. Asimismo, demuestra tener ventajas en la salud ruminal mejorando la defensa y siendo un gran aporte de energía, además, posee también ventajas en el impacto en el medio ambiente, ya que disminuye el efecto del metano producido por las rutas metabólicas de los rumiantes.

**Palabras clave:** algas, suplementos, ganado, nutrición.

---

1 Estudiantes del programa de Microbiología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Libre - Seccional Barranquilla.

## Macroalgae, a food alternative as supplementary forage for ruminant feeding

### ABSTRACT

In this article, macroalgae are proposed as an alternative for rumen supplementation based on the different advantages of using them in diets, being an approach to innovation in cost reduction for times of drought without consequences such as weight loss or dairy milk. the different groups of ruminants. For this work, a systematic review type investigation was carried out where the information from scientific works based on the use of macroalgae to be used as food in nutrition in different groups of ruminants was analyzed. Based on the above, it was concluded that macroalgae can be a viable alternative, being these a supplementary input used both as the main food in large percentages or in small additions to the diet, avoiding weight loss or milk in them. Likewise, it proves to have advantages on rumen health, improving defense and being a great contribution of energy, in addition, it has advantages on the impact on the environment since it decreases the effect of methane produced by the metabolic pathways of ruminants

**Keywords:** algae, supplements, livestock, nutrition.

## INTRODUCCIÓN

Los componentes nutricionales son una parte esencial para la dieta de cualquier rumiante, independiente de qué base de insumo se esté trabajando. Estos componentes nutricionales se dividen en macronutrientes y micronutrientes según la cantidad que se necesite. Si hay deficiencia de algunos los elementos nutricionales, esto podría causar grandes problemas en los rumiantes. Estos componentes están divididos por categorías, en las que en los macronutrientes se encuentran proteínas, carbohidratos y grasas, que son llamados proveedores de energía y son esenciales para el desarrollo, el crecimiento y la reparación de nuevos tejidos.<sup>1</sup> La elaboración de las dietas está directamente relacionada con todos estos elementos, los cuales se tienen en cuenta para la fabricación de productos bovinos, como queso, leche, mantequilla y producción de carne. Las proporciones de estos elementos se deben tener en cuenta por las muchas variables de absorción que tienen los bovinos derivados de estos macronutrientes, como energía metabolizable, energía metabolizable fermentable, energía para mantención, energía neta para lactancia, energía neta para ganancia de peso, carbohidratos solubles e insolubles, almidones groseros, nitrógeno no proteico, proteína cruda, proteína verdadera, proteína metabolizable y proteína soluble. Igualmente, los micronutrientes, aunque en menor cantidad, también cumplen una parte esencial para la salud rumiante.<sup>2</sup>

Las dietas con macroalgas marinas, aparte de poseer unos valores específicos de los macro- y micronutrientes, también poseen varios nutrientes y minerales por los cuales son considerados alimentos altamente energéticos, propiedades que pueden ser transferidas a los rumiantes junto con sus derivados y estos a sus consumidores. Sin embargo, además de los posibles efectos benéficos, también hay que considerar algunos factores que pueden ser perjudiciales, como la producción de citotoxinas o la contaminación de metales pesados en las algas para la elaboración de sus dietas.<sup>3</sup>

Las algas pertenecen al reino Protista. Son organismos eucariotas autótrofos que se dividen en unicelulares (fitoplancton) y pluricelulares. Su hábitat se encuentra en mares, ríos y lagos. La morfología puede ser variada (filamentosas, laminariales, calcáreas, etc.) desde tamaños microscópicos o alcanzar más de 50 m de longitud. Su color está relacionado con la profundidad en la que habiten: las algas verdes (clorofitas) son de agua salada y poca profundidad; las algas pardas o marrones (feofitas) se encuentran en aguas más profundas, y las algas rojas (rodofitas) pueden captar luz en aguas profundas a través de un pigmento rojo que capta la luz tenue. Las algas también contienen vitaminas, minerales y fibra (especialmente en fracción soluble). Además, poseen ácidos grasos omega 3 y moléculas bioactivas. Asimismo, dentro del metabolismo secundario de algunas algas, estas poseen actividad antioxidante y antiinflamatoria,

lo cual añade más beneficios a la dieta del rumiante.<sup>4</sup>

## **METODOLOGÍA**

Este trabajo corresponde a una investigación de tipo de revisión sistemática en la que se analizó la información proveniente de trabajos científicos basados en el uso de macroalgas para ser utilizadas como alimento en la nutrición en los diferentes grupos de rumiantes. El trabajo consideró unidad a los componentes utilizados como alimentación ruminal de las dietas seleccionadas. Estos artículos son seleccionados a partir de una búsqueda con las palabras clave: (seaweed OR macroalga), (rumiante OR ganado OR livestock), (alimentación OR nutrición), siendo revisados posteriormente con criterios de inclusión, como trabajos solo con especies y resultados en rumiantes, y los criterios de exclusión son estudios que solo involucren microalgas como suplemento o sujetos diferentes de los rumiantes para su alimentación.

### **Requisitos de la dieta en el ganado rumiante**

Los bovinos, ovinos y caprinos tienen la capacidad de convertir los carbohidratos y proteínas de origen vegetal en nutrientes disponibles para su metabolismo; por tanto, cuando llegan las épocas de sequía y el forraje principal de los rumiantes que está basado en pasto, heno o ensilado disminuye, es necesario buscar alternativas que puedan brindar sustitutos

nutricionales a los rumiantes. Las zonas cercanas al mar ofrecen una de las opciones para alimentar el ganado con algas.

De acuerdo con Anrique y Valderrama,<sup>5</sup> los rumiantes son animales especiales debido a su particular fisiología, en la que cualquier cambio, deficiencia, exceso de nutrientes o, incluso, de agua pueden llegar a dar problemas significativos en la salud del animal y, por consecuencia, afectar la producción proveniente del ganado. Los requisitos nutricionales se pueden clasificar en proteínas, fibras, cenizas, carbohidratos y grasas. En el contexto agropecuario, se pueden encontrar estos requisitos en las dietas, como materia seca, proteína metabolizable, proteína cruda, proteína soluble, nitrógeno no proteico, energía metabolizable, energía metabolizable fermentable, carbohidratos fibrosos, carbohidratos no fibrosos, grasas volátiles, acidez, cenizas totales, entre otros, en que cada detalle se observa cuidadosamente para obtener los resultados deseados.

Por otra parte, Sales<sup>6</sup> menciona que los minerales y las vitaminas también son requisitos importantes con gran relevancia en las dietas del ganado rumiante, puesto que tales elementos son necesarios para el correcto funcionamiento fisiológico y metabólico del animal, al estar involucrados en la síntesis de hormonas, en procesos enzimáticos y en la elaboración de tejidos. Estos requisitos pueden variar según la raza, el estado, la edad, el peso o el objetivo destinado para el animal.

La situación geográfica es una variable que también debe ser tomada en cuenta debido a sus componentes ambientales, los cuales comprenden suelo, atmósfera, aguas, fauna, temperatura, entre otros. Las necesidades del ganado y sus dietas se ven influidos por estos componentes. Las características del suelo y del agua también pueden cambiar las propiedades organolépticas de algunos insumos utilizados para las dietas.

Un ejemplo de estos insumos son las macroalgas, cuyas propiedades organolépticas varían según las características de la zona donde crecen y de su especie.<sup>7</sup> La correcta elección de estas macroalgas también debe ser medida por estas circunstancias y por los requisitos nutricionales del ganado.

Todas estas variables no solo se deben a la fisiología especial del estómago de los rumiantes, sino que también se debe añadir la particular microbiota que poseen estos animales. Belanche et al.<sup>8</sup> mencionan la importancia del equilibrio en el rumen, la cual es clave para la rentabilidad y el medio ambiente, puesto que desempeñan un papel muy importante en la producción bovina. Macías<sup>9</sup> menciona que mantener la energía, el nitrógeno y la proteína metabolizable son solo unas cuantas variables necesarias a tomar en cuenta para la microbiota ruminal, en que no solo es importante medir el balance y la proporción para la producción, sino también por la salud del rumiante.

## **Macroalgas como alternativa alimentaria para la suplementación de rumiantes**

Teniendo en cuenta los nutrientes de las macroalgas, el estudio de Marín et al.<sup>10</sup> demostró que la aceptación de las macroalgas en los rumiantes es más efectiva cuando las algas están incluidas un 30 % en la dieta, en que no se refleja ningún índice de pérdida de peso, de leche o en el comportamiento habitual del animal. Por otra parte, la investigación de Casas-Valdez et al.<sup>11</sup> menciona que las concentraciones proteicas de las macroalgas en bovinos presentan un bajo nivel proteico comparado con otros suplementos alimenticios, aunque la harina producida de *Sargassum* spp. puede cumplir con los parámetros establecidos adecuados de concentración proteica, de modo que es un buen suplemento para ganado en crecimiento y dietas de mantenimiento. Y con respecto a los ovinos y caprinos, la dieta basada en macroalgas resultó ser una buena alternativa como forraje para rumiantes, en que demuestran un buen aprovechamiento de los nutrientes de las algas, lo cual se ve reflejado en su crecimiento y desarrollo, ya que cumplen con los valores alimentarios de una dieta para rumiante convencional. En 2021, Sánchez-Peña<sup>12</sup> menciona que la alimentación animal con algas y sus posibles efectos en el uso en diferentes especies animales es un tema poco común; pero se ha logrado evidenciar que las algas, dadas sus altas

cantidades energéticas y proteicas, entre otros componentes, asegura una buena alternativa para mantener las producciones estables, disminuir costos de producción y producir alimentos con alta calidad nutricional manteniendo a los animales en buena salud lejos de enfermedades.

Sin embargo, que las macroalgas no demuestren deficiencias en comparación con los suplementos tradicionales no significa que no posean efectos benéficos adicionales, además de sus bajos costos, como fue demostrado en el estudio de Vega et al.,<sup>13</sup> en el que las macroalgas tienen potencial como suplementos energéticos para el ganado, principalmente en zonas áridas, debido a sus altos contenidos de carbohidratos, ceniza y lípidos que sirven para el aumento de peso en algunas épocas del año. Además, no necesariamente deben ser incluidas como el suplemento principal de las dietas. Noriega<sup>15</sup> en su estudio de 2013 demostró que las macroalgas pueden ser utilizadas como insumos con gran aportación mineral y energético para los grupos de rumiantes, de modo que es una buena fuente de micronutrientes que se puede acoplar en las dietas convencionales a pequeñas cantidades y permitir un gran rendimiento en el estado de salud de los animales y, en consecuencia, de sus productos derivados, y sí demostrar que la adición de minerales es un factor a tener en cuenta en la dieta.<sup>14</sup> Igualmente, para macroalgas de los grupos rojos y verdes, como pueden ser *Palmaria palmata* y *Ulva lactuta*, se sugiere que pueden ser buenas fuentes de aminoácidos o una concentración

sustancial de nitrógeno no proteico, de modo que es una buena complementación de la dieta.

Cuando se habla de rumiantes, también se debe hablar de lo que estos pueden ofrecer, como es en el caso de la producción de leche. Se entiende que las propiedades de los productos lácteos dependen altamente de la cantidad de proteínas, lípidos y carbohidratos que consumen los rumiantes, y las macroalgas, al tener propiedades organolépticas específicas, tendrán unos determinados efectos que, al aplicarse junto con los insumos en la dieta, serán beneficiosos en la leche y sus derivados. Uno de estos efectos, que se da por los elementos de interés encontrados en las macroalgas, son las moléculas Omega 3 (W3) y Omega 6 (W6).<sup>16</sup> Los ácidos grasos modificados por la W3, al ser introducidos en una dieta para rumiantes, son capaces de alterar la composición de la leche y la carne del animal, y darle una composición más nutritiva. Por otra parte, la W6 es una molécula que se sitúa en los músculos de los rumiantes y da mayor cantidad de carne. Además, se ha demostrado que el suministro de macroalgas como fuente principal de la dieta no da pérdida alguna en la producción de leche.<sup>17</sup>

Como se mencionó, las macroalgas, así como son una gran fuente de minerales y energía, también poseen propiedades antioxidantes, como la actividad del superóxido dismutasa y la catalasa en seis tejidos: abomaso, yeyuno, colón, riñón, músculo y moco intestinal, los

cuales ayudan en el metabolismo a evitar procesos de sustancias tóxicas que son dadas por la reacción de oxígeno en que la acumulación de estos gases puede producir grandes daños a las macromoléculas biológicas.<sup>18</sup> Las macroalgas también poseen efectos inmunoestimulantes, tales como el incremento de las actividades enzimáticas de las lisozimas, antiproteasas, mieloperoxidasa, polisacáridos sulfatados, carotenoides, polifenoles, vitaminas y minerales.<sup>19</sup>

Las macroalgas también poseen diferentes tipos de antioxidantes tanto liposolubles como hidrosolubles, de modo que su alto efecto de antioxidantes es explicado por la afinidad que tienen estas moléculas por los radicales libres de compuestos específicos de las dietas habituales para rumiantes, además de poseer propiedades antibacterianas, antifúngicas y antivirales.<sup>20</sup>

La manipulación del ecosistema microbiano del rumen para aumentar la eficiencia su digestibilidad o para disminuir el impacto ambiental sin dañar la salud del animal al utilizar sustancias químicas fuertes o que tengan una excesiva toxicidad con costes elevados ha sido un objetivo durante mucho tiempo para los nutricionistas y microbiólogos.<sup>21</sup> Esto se debe porque, a pesar de que se ha intentado aumentar la digestibilidad del rumiante a través de los alimentos tradicionales, estos aún no poseen la escala de reducción necesaria para cambiar drásticamente la contribución de la agricultura al impacto ambiental. No obstante, en un estudio realizado por Roque et al.,<sup>22</sup> se demostró

que, además de los múltiples beneficios que poseen las dietas de macroalgas, estas también pueden tener un efecto en el impacto ambiental, en el que la reducción de metano producida en este estudio ha sido de las más altas jamás registradas, afirmando una reducción de metano entre un 50 % y un 80 % con solo un 1 %-3 % de la macroalga *Asparagopsis*, debido a que produce compuestos bioactivos que inhiben la ruta metabólica del metano. Incluso, se demostró que esta reducción de metano en el proceso digestivo del rumiante no afecta negativamente las producciones de leche, carne o la salud del animal.<sup>22</sup>

Con respecto a los efectos tóxicos de las macroalgas, Barrios et al.<sup>23</sup> en su estudio experimental determinaron que estas algas marinas no presentaban ningún efecto toxicológico o perjudicial para los animales. Por su parte, Sales<sup>24</sup> mencionó que la suplementación y el aporte en minerales de las macroalgas no produce efectos dañinos para la salud del rumiante o sus derivados. Sin embargo, las macroalgas, además de poseer minerales y vitaminas, poseen materiales tóxicos en sus propiedades organolépticas, como el arsénico y, en algunos casos, el mercurio.

Crespo<sup>25</sup> en su investigación determinó que, aunque la presencia de estos minerales es alta, no se encontraban en rangos peligrosos (Tabla 1). Por tanto, las macroalgas no son perjudiciales ni tóxicas para la salud de los animales, aunque son factores a tener en cuenta para la variación de las dietas.

**Tabla 1.** Límites máximos de minerales permitidos en minerales para rumiantes

Mineral	Concentración (en parte por millón [ppm])
Hierro	750
Yodo	50
Zinc	1000
Cobre	30
Cobalto	30
Molibdeno	10
Selenio	40
Arsénico	50-100
Aluminio	1000
Cromo	1000
Mercurio	2
Cadmio	0,5

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

La alimentación de los rumiantes en granja es uno de los insumos más costosos, por lo que es normal buscar cualquier tipo de desarrollo que permita reducir costos y ofrecer nuevos precios de menor cantidad que permitan a sus animales utilizar los alimentos de manera más eficiente. Las macroalgas han demostrado ser un insumo suplementario que puede ser utilizado tanto como alimento principal como en pequeñas adiciones, de modo que es una alternativa óptima para rumiantes en casos en los que la comida sea escasa,

tales como en zonas áridas, además de ser amigables y sostenibles para la alimentación de rumiantes, mejorando su salud, proporcionando más disponibilidad de alimentos y aportando energía. De igual modo, las macroalgas en la dieta del rumiante pueden tener un impacto ambiental importante con la reducción de metano, gracias principalmente a sus biomoléculas. Por último, cabe destacar que la dieta a base de macroalgas no solo evita pérdida de peso como dietas de mantenimiento, sino que también añade beneficios antioxidantes e inmunoestimulantes.

## REFERENCIAS

1. Gutiérrez Cuesta R, González García KL, Hernández Rivera Y, et al. Algas marinas: fuente potencial de macronutrientes. *Revista de Investigaciones Marinas*. 2017;37(2):16-28. <https://aquadocs.org/handle/1834/12438>
2. Roza Torres G. Algas del Caribe colombiano: fuente alternativa de alimentos, nutracéuticos y biomateriales [tesis doctoral]. [Bogotá]: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano; 2019. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/8510/Trabajo%20%20de%20%20grado.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
3. Bach A, Devant M. Microminerales en la nutrición del rumiante: aspectos técnicos y consideraciones legales [internet]. 2014. [https://fedna.biolucas.com/wp-content/uploads/2022/02/04CAP\\_12.pdf](https://fedna.biolucas.com/wp-content/uploads/2022/02/04CAP_12.pdf)
4. Quitral V, Morales C, Sepúlveda M, et al. Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Rev Chill Nutr*. 2012;39(4):196-202. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182012000400014>
5. Anrique Gimpel R, Valderrama Linares X, Fuchslocher Peters R. Composición de alimentos para el ganado en la zona sur. Valdivia: Universidad Austral de Chile; 1995. [https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145466/FIA-PI-C-1981-1-A-095\\_MA\\_LIBRO.pdf;jsessionid=F0128CA7BBE7BF1A5B91CEE8AC145645?sequence=1](https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145466/FIA-PI-C-1981-1-A-095_MA_LIBRO.pdf;jsessionid=F0128CA7BBE7BF1A5B91CEE8AC145645?sequence=1)
6. Sales F. Importancia de los minerales para la alimentación de bovinos en Magallanes. Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura de Chile; 2017. [https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/\\_5cc08055e5135.pdf](https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc08055e5135.pdf)
7. Pulido G, McCook L. State of the Reef Report 2008: Macroalgae (Seaweeds). Australia: Great Barrier Reef Marine Park Authority; 2008. [https://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/bitstream/11017/668/4/Diaz-Pulido\\_McCook\\_2008\\_State\\_of\\_the\\_Reef\\_Report\\_2008\\_Macroalgae\\_Seaweeds\\_.pdf](https://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/bitstream/11017/668/4/Diaz-Pulido_McCook_2008_State_of_the_Reef_Report_2008_Macroalgae_Seaweeds_.pdf)
8. Belanche A, Doreau M, Edwards JE, et al. Shifts in the rumen microbiota due to the type of carbohydrate and level of protein ingested by dairy cattle are associated with changes in rumen fermentation. *J Nutr*. 2012;142:1684-1692.

9. Macías Mora VA. Utilización de ingredientes innovadores, industriales y comerciales, como alternativas amigables y sostenibles para la alimentación de animales de granja [tesis de grado]. [Babahoyo]: Universidad Técnica de Babahoyo; 2021. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10340>
10. Marín A, Casas M, Carrillo S, et al. Comportamiento de ovinos alimentados con raciones que incluyen el alga marina *Sargassum* spp. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 2003;37(2):119-123. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193018061003.pdf>
11. Casas-Valdez M, Hernández-Contreras H, Marín-Álvarez A, et al. El alga marina *Sargassum* (Sargassaceae): una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. *Rev Biol Trop*. 2006;54(1):83-92. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v54n1/3359.pdf>
12. Sánchez Peña ME. Descripción sobre el uso de algas (macro y micro algas) en la alimentación y nutrición animal [tesis de grado]. [Cúcuta]: Universidad Francisco de Paula Santander; 2021. [https://www.researchgate.net/publication/357032905\\_DESCRIPCION\\_SOBRE\\_EL\\_USO\\_DE\\_ALGAS\\_MACRO\\_Y\\_MICRO\\_ALGAS\\_EN\\_LA\\_ALIMENTACION\\_Y\\_NUTRICION\\_ANIMAL](https://www.researchgate.net/publication/357032905_DESCRIPCION_SOBRE_EL_USO_DE_ALGAS_MACRO_Y_MICRO_ALGAS_EN_LA_ALIMENTACION_Y_NUTRICION_ANIMAL)
13. Vega-Villasante F, Cupul-Magaña A, Nolasco-Soria H, et al. Las algas marinas *Sargassum* spp. y *Macrocystis pyrifera*: ¿una alternativa para el forraje del ganado bovino en la península de Baja California? *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 2006;40(4):439-448.
14. Noriega Tapia PU. Desarrollo de un suplemento enriquecido para rumiantes a partir de *Salicornia bigelovii*, *Atriplex cananses*, *Macrocystis pyrifera* y Sales minerales [tesis de grado]. [Hermosillo]: Universidad de Sonora; 2013. <http://repositorioinstitucional.uson.mx/bitstream/20.500.12984/4367/1/noriegatapiamariaguadalupel.pdf>
15. García Á. Uso de algas en alimentación de los rumiantes [internet]. 2020. <https://dellait.com/es/utilizar-las-algas-en-la-alimentacion-de-los-rumiantes/>
16. Casas-Valdez M, Hernández-Contreras H, Marín-Álvarez A, et al. El alga marina *Sargassum* (Sargassaceae): una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. *Rev Biol Trop*. 2006;54(1):83-92. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v54n1/3359.pdf>

17. Nannig Gebauer R. Efecto de la suplementación con algas marinas, sobre la respuesta productiva y calidad de leche, en vacas lecheras en pastoreo restringido en primavera [tesis de grado]. [Valdivia]: Universidad Austral de Chile; 2018. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2018/fvn184e/doc/fvn184e.pdf>
18. Castillo C, Benedito JL, López-Alonso M, et al. Importancia del estrés oxidativo en ganado vacuno: en relación con el estado fisiológico (preñez y parto) y la nutrición. *Arch Med Vet.* 2001;33:5-20. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2001000100001>
19. Chávez Infante LA. Efecto del alga *Sargassum* spp. en la dieta sobre la respuesta inmune y antioxidante de caprinos [tesis de maestría]. La Paz, Baja California Sur]: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.; 2016. [https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/41/1/chavez\\_1.pdf](https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/41/1/chavez_1.pdf)
20. Llinas Cervantes X. Determinación de la cinética ruminal, potencial inmunomodulador y antioxidante de *Sargassum* spp. (fucales; phaeophyta) en ganado caprino de Baja California Sur [tesis doctoral]. [La Paz, Baja California Sur]: Universidad Autónoma de Baja California Sur; 2017. <http://rep.uabcs.mx/bitstream/23080/300/1/te3782.pdf>
21. Belanche A, Ramos-Morales E, Newbold CJ. In vitro screening of natural feed additives from crustaceans, diatoms, seaweeds and plant extracts to manipulate rumen fermentation. *J Sci Food Agric.* 2012;96(9):3069-3078. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7481>
22. Roque BM, Salwen JK, Kinley R, et al. Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *J Clean Prod.* 2019;234(2019):132-138. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.193>
23. Barrios González V, Castillo R, González Sánchez I, et al. Caracterización toxicológica de las macroalgas marinas *Hypnea* spp. y *Sargassum* spp. para la futura utilización en la alimentación y la salud animal como humana. *REDVET Rev Electrón Vet.* 2007;8(7)1-9. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612662007.pdf>
24. Sales F. Importancia de los minerales para la alimentación de bovinos en Magallanes. Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura de Chile; 2017. [https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/\\_5cc08055e5135.pdf](https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc08055e5135.pdf)
25. Rey Crespo F. Estudio sobre el empleo de macroalgas marinas como suplemento de minerales en vacuno de leche en régimen ecológico [tesis doctoral]. [Lugo]: Universidad de Santiago de Compostela; 2014. [https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/10347/12106/1/rep\\_785.pdf](https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/10347/12106/1/rep_785.pdf)