

## 4 APLICACIONES INDUSTRIALES DEL HELECHO ACUÁTICO *AZOLLA SPP.*: UNA REVISIÓN

### INDUSTRIAL APPLICATIONS OF THE WATER FERN *AZOLLA SPP.*: A REVIEW

Kimberly Natacha Colorado Rodríguez<sup>1</sup>, Diana Elizabeth Aguilar Arias<sup>1</sup>, Julio Amílcar Pineda-Insuasti<sup>2</sup>, Camilo Alejandro Pineda-Soto<sup>3</sup>, Gabriela Alejandra Veloz Salazar<sup>3</sup>, Ivette Graciela Mora Lovato<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuquí, Ecuador

<sup>2</sup>Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente, Ibarra, Ecuador

<sup>3</sup>BIOECOLÓGICOS. [www.bioecologicos.com](http://www.bioecologicos.com), Ibarra, Ecuador

*Autor para correspondencia: coloradokimberly766@gmail.com*

*Recibido: 30/11/22*

*Aceptado: 23/12/22*

#### RESUMEN

En el ámbito académico las plantas acuáticas están recibiendo mucha atención en la investigación de sus aspectos nutricionales, debido a su amplia gama de usos en la alimentación animal y humana. Azolla es una de las plantas flotantes de uso común. Actualmente, diferentes especies de Azolla se utilizan como alternativas de alimentación mantenible para ganado, cerdos, aves de corral y peces. Además del alto contenido de proteínas y aminoácidos esenciales de la Azolla, el helecho es rico en otros nutrientes como minerales, vitaminas y pigmentos. Por lo tanto, este artículo de revisión brinda información sobre la planta Azolla, su composición y la importancia de su suplementación para diferentes especies animales y su uso en la industria.

**Palabras clave:** Azolla, extracto, proteína.

#### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la revisión de literatura, se han realizado diversas investigaciones acerca de la planta acuática Azolla; sobre todo se ha realizado énfasis sobre el valor nutritivo de la planta. La Azolla es un helecho acuático, flotante de la familia Azollaceae y el orden Pteridophyta (Bacerra et al., 1995; Wagner, 1997).

#### ABSTRACT

In the academic field, aquatic plants are receiving a lot of attention in the investigation of their nutritional aspects, due to their wide range of uses in animal and human food. Azolla is one of the commonly used floating plants. Currently, different Azolla species are used as maintainable feed alternatives for cattle, swine, poultry, and fish. In addition to Azolla's high protein and essential amino acid content, the fern is rich in other nutrients such as minerals, vitamins, and pigments. Therefore, this review article provides information about the Azolla plant, its composition, and the importance of its supplementation for different animal species and its use in industry.

**Keywords:** Azolla, extract, protein.

El nombre hace referencia a la conjunción de dialectos azo y allyo, que significan secar y matar respectivamente, esto debido a que el helecho se puede morir si fuese expuesto a condiciones de sequía.

De acuerdo con Mathur et al. (2013), se conocen al menos ocho especies de *Azolla en el mundo*, a saber, *Azolla pinnata*, *Azolla nilotica*, *Azolla caroliniana*, *Azolla japonica*,

*Azolla circinata*, *Azolla microphylla*, *Azolla rubra* y *Azolla mexicana*, de las cuales, la más común es *Azolla pinnata*.

Por su parte, Pillai et al. (2005) afirman que la *Azolla* es una fuente de carbono y nutrientes, además de proveer una cavidad que protege a las colonias de *Anabaena* a cambio de dinitrógeno atmosférico y promotores de crecimiento; esta relación de simbiosis hace que la *Azolla* sea una planta rica en proteínas (Mooventhan et al., 2019).

## METODOLOGÍA

### Protocolo de revisión

Se utilizó como protocolo de revisión el Report Standards for Systematic Evidence Synthesis (ROSES). Se eligió ROSES como protocolo de revisión en vez de elegir QUORUM o PRISMA debido a que está diseñado explícitamente para la investigación medio ambiental (Haddaway et al., 2018).

### Pregunta de investigación

La revisión tiene como objetivo buscar en las bases de datos relacionadas con *Azolla* para recopilar la mayor cantidad de información posible de previos estudios para identificar las lagunas en los estudios. La pregunta de investigación que guía la búsqueda es "¿Cuáles son las aplicaciones industriales de la *Azolla* más comunes y eficientes?".

### Estrategia de búsqueda

Una estrategia de búsqueda se destaca por ser un componente crítico de una revisión sistemática de literatura porque influye en la eficiencia de la búsqueda. Por lo tanto, se abordaron varios aspectos clave del protocolo ROSES para recuperar resultados de búsqueda de calidad. Los operadores booleanos como OR, AND y NOT se utilizaron para conectar elementos para ampliar o reducir los resultados de la ecuación de búsqueda. A continuación, se muestra el flujo de la estrategia de búsqueda, comenzando con la

identificación y terminando con la inclusión final, siguiendo los protocolos ROSES.

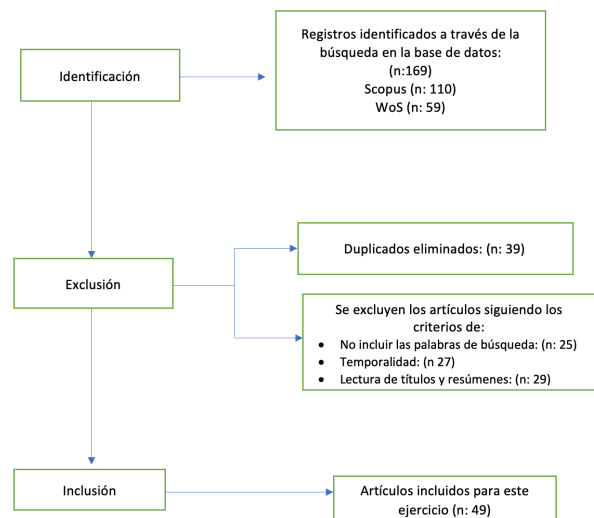


Figura 1: Diagrama sistemático del protocolo de revisión.

## RESULTADOS

### Composición de la azolla

La azolla es una fuente que posee un alto contenido de proteínas (25-35 %), nitrógeno (Lumpkin, 1984), gran variedad de aminoácidos esenciales (7-10 %), como lisina (Van Hove, 1989), además contiene minerales esenciales como hierro, calcio, fósforo, magnesio, manganeso, potasio, hierro y cobre (10-15%), también contiene diversas vitaminas como la vitamina A y la vitamina B12 (Lejeunea et al., 1999), carotenoides, clorofila, biopolímeros y probióticos (Cherryl et al., 2014; Henry et al., 2017; Mathur et al., 2013; Parashuramulu et al., 2013).

Por lo tanto, la *Azolla* se considera una fuente primordial de nutrientes. Además, el cianobionte de *Anabaena azollae* contiene, ficobiliproteínas y carotenoides (Tyagi et al., 1980). Cabe recalcar que, sus contenidos de carbohidratos y aceite no son altos, a diferencia de su gran capacidad de ser digerible debido a su alto contenido de lignina y proteína (Anitha et al., 2016). De acuerdo con Namra et al. (2010), quienes revelaron la presencia de altos niveles de energía en la *Azolla*, lo cual es importante tanto para la

disponibilidad de los nutrientes como para la digestión. De acuerdo con Kannaiyan (1992), la Azolla parece ser un posible biofertilizante debido a la contribución de nitrógeno a los cultivos de arroz.

### Aplicaciones experimentales

De acuerdo con los usos conocidos de la azolla se plantea principalmente como abono, aunque recientemente se ha usado como repelente de mosquitos, herbicida, purificador de agua, ahorrador de fertilizantes (van Hove & Lejeune, 1996), medicamento para la tos (Raja et al., 2012), productor de biogás (Das et al., 1994; van Hove, 1989), biorremediador (Sood et al., 2012; Yadav et al., 2014) y recuperador de suelos afectados por salinidad (Raja et al., 2012).

Además, la literatura reporta que la adición de Azolla en las raciones de alimento reduce significativamente su costo (Bacerra et al., 1995; Escobin, 1987; Lawas et al., 1998; Sujatha et al., 2013b).

### Facilidad de cultivo

Al hablar de la Azolla cabe recalcar su facilidad de cultivo, debido a la rápida producción de biomasa, crecimiento en nichos no explotados, alta productividad y valor nutritivo (Alalade & Iyayi, 2006; Lumpkin & Plucknette, 1982; Pillai et al., 2002; Prabina & Kumar, 2010; Singh & Subudhi, 1978; van Hove & Lejeune, 1996).

### Azolla como alternativa de alimentación

La biocomposición de la Azolla la convierte en una alternativa de alimentación más económica, accesible, eficientes y mantenible para el ganado y las aves de corral (Kathirvelan et al., 2015; Pannaerker, 1988). Por ejemplo, la harina de *Azolla pinnata* se ha utilizado exitosamente para la alimentación de patos (Acharya et al., 2015; Bacerra et al., 1995; Escobin, 1987; Lawas et al., 1998; Sujatha et al., 2013a), pollos de engorde y ponedoras (Alalade & Iyayi, 2006; Balaji et al., 2009; Basak et al., 2002; Bhuyan et al., 1988; Castillo et al., 1981; Dhumal et al., 2009; Naghshi et al., 2014;

Querubin et al., 1986; Sreemannarayana et al., 1993), codornices (Rathod et al., 2013; Shamna et al., 2013; Varadharajan et al., 2019), conejos (Anitha et al., 2016; Sadek et al., 2010; Sreemannarayana et al., 1993; Wittouck et al., 1992) y peces (Nwana & Falaye, 1997).

### Otros usos comunes

La literatura también afirma que en algunos casos la Azolla pinnata se ha utilizado para la alimentación de camarones, cabras y búfalos (Hossiny et al., 2008; Indira et al., 2009; Mandal et al., 2012; Rawat et al., 2015; Sudaryono, 2006), mientras que la Azolla filiculoides ha sido incluida en la dieta de cerdos en crecimiento (Bacerra et al., 1995) y para cerdas como sustituto de la fuente de proteína (Leterme et al., 2010).

### DISCUSIÓN

Este artículo de revisión brinda una descripción general de la composición de la planta de Azolla y la importancia de su suplementación para diferentes especies, incluyendo la suplementación humana y su aplicabilidad industrial.

De acuerdo con esto se puede observar en la literatura que el helecho acuático Azolla spp. puede ser utilizado de distintas formas de acuerdo con las propiedades y composición de cada una de las especies existentes. Es por esto que los autores abordan de distinta forma a estas especies, pero en su mayoría concuerdan con su composición nutricional y proteica.

### Reflexiones finales

En medio del interés en el helecho acuático Azolla como una gran alternativa universal de materia prima, solo unos pocos estudios han demostrado el potencial de la Azolla como alimento para aves o ganado vacuno. Además, se discute con frecuencia la eficacia de la Azolla como alimento en aves y ganado. Se descubrió que la mayoría de los estudios de Azolla se han centrado en su mayoría en los biofertilizantes y la biorremediación. Por lo

tanto, existe la urgencia de estudiar la eficacia de Azolla en aves o ganado para futuras referencias, o a su vez centrar esfuerzos en el potencial de sus extractos y composiciones protéicas.

#### **AGRADECIMIENTO**

Se agradece a las autoridades del Instituto Tecnológico Superior 17 de Julio, y al equipo técnico y científico del Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA) en la presente investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acharya, Mohanty, Pradhan, Mishra, Beura, & Moharana. (2015). Exploring the effects of inclusion of dietary fresh Azolla on the performance of White Pekin broiler ducks. *Veterinary World*, 8, 1293–1299. <http://dx.doi.org.10.14202/vetworld.2015.1293-1299>
2. Alalade, & Iyayi. (2006). Chemical composition and feeding value of Azolla (*Azolla pinnata*) meal for egg type chicks. *International Journal of Poultry Science*, 5, 137–141. <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2006.137.141>
3. Anitha, Rajeshwari, Prasanna, & Shilpa. (2016). Nutritive evaluation of Azolla as livestock feed. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 670–674. [http://dx.doi.org/10.18006/2016.4\(Issue6\).670.674](http://dx.doi.org/10.18006/2016.4(Issue6).670.674)
4. Bacerra, Preston, & Ogle. (1995). Effect of replacing whole boiled soya beans with Azolla in the diets of growing ducks. *Livestock Research for Rural Development*, 7, 1–11. <http://www.lrrd.org/lrrd7/3/7.htm>
5. Balaji, Jalaludeen, Richard, Peethambaran, & Senthilkumar. (2009). Effect of dietary inclusion of Azolla (*Azolla pinnata*) on production performance of broiler chicken. *Indian Journal of Poultry Science*, 44, 195–198.
6. Basak, Pramanik, Rahman, Tarafdar, & Roy. (2002). Azolla (*Azolla pinnata*) as a feed ingredient in broiler ration. *International Journal of Poultry Science*, 1, 29–34. <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2002.29.34>
7. Bhuyan, Hasanat, Ali, & Rahman. (1988). Effect of feeding Azolla (*Azolla pinnata*) on the performance of broiler. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 27, 77–82. : [http://jakraya.com/journal/pdf/15-IriArticle\\_1.pdf](http://jakraya.com/journal/pdf/15-IriArticle_1.pdf)
8. Castillo, Gerpacio, & Pascual. (1981). *Exploratory studies on Azolla and fermented rice hulls in broiler diets*. College Laguna.
9. Cherryl, Prasad, Rao, Jayalaxmi, & Kumar. (2014). A study on the nutritive value of Azolla pinnata. *Livestock Research International*, 2, 13–15. : [http://jakraya.com/journal/pdf/3-IriArticle\\_3.pdf](http://jakraya.com/journal/pdf/3-IriArticle_3.pdf)
10. Das, Sikdar, & Chetterjee. (1994). Potential of Azolla pinnata as biogas generator and as a fish feed. *Indian Journal of Environmental Health*, 36, 186–191. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19961300822>
11. Dhumal, Siddiqui, Siddiqui, & Avari. (2009). Performance of broilers fed on different levels of azolla meal. *Indian Journal of Poultry Science*, 65–68. : <http://www.entomoljournal.com/archives/?year=2018&vol=6&issue=4&ArticleId=3928>
12. Escobin. (1987). *Fresh Azolla (*Azollamicrophylla kaulfuss*) as partial replacement to palay-snail-shrimp based ration for laying mallard and growth-fattening Muscovy ducks*. University Los Banos, College, Laguna.
13. Haddaway, Macura, Whaley, & Pullin. (2018). ROSES Reporting Standards for Systematic Evidence Syntheses: Pro Forma, Flow-Diagram and Descriptive Summary of the Plan and Conduct of Environmental Systematic Reviews and Systematic Maps. *Environmental Evidence*. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0121-7>.
14. Henry, Reetha, Paramasivam, & Mehala. (2017). . Effect of Azolla supplementation on production performance of Nandanam– II turkey growers. *Indian Veterinary Journal*, 94, 28–30.
15. Hossiny, Setoudeh, Rokni, Dehghanzadeh, & Cheraghcheshm. (2008). Using of silage Azolla in Guilan male calves nutrition. *Proceedings of Third National Congress of Recycling and Reuse of Renewable*.
16. Indira, Sarjan, Suresh, Venugopal, & Ravi. (2009). Azolla (*Azolla pinnata*) as feed supplement in buffalo calves on growth performance. . *Indian Journal of Animal Nutrition*, 26, 345–348. t: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijan&volume=26&issue=4&article=009>

17. Kannaiyan. (1992). *Azolla Biofertilizer Technology for Rice*. Tamil Nadu Agricultural University.
18. Kathirvelan, Banupriya, & Purushothaman. (2015). Azolla- an alternate and sustainable feed for livestock. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 4, 1153–1157. <http://www.ijset.net/journal/748.pdf>
19. Lawas, Roxas, & Lambio. (1998). Laying performance of Philippine Mallard ducks fed diets substituted with fresh Azolla. *Recent Developments in Animal Production*, 220–225.
20. Lejeunea, Cagauan, & Vanhove. (1999). Azolla research and development: recent trends and properties. In *Symbiosis* (Vol. 27, pp. 333–351). t: <https://dalspace.library.dal.ca/bitstream/handle/10222/77695/VOLUME%2027-NUMBERS%203&4-1999-PAGE%20333.pdf?sequence=1>
21. Leterme, Londono, Ordonez, Rosales, Estrada, Bindelle, & Buldegen. (2010). Nutritive value and intake of aquatic ferns (*Azolla fillicoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell) in sows. *Animal Feed Science and Technology*, 5564–64. : <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.10.002>
22. Lumpkin. (1984). Assessing the potential for Azolla use in the humid tropics. *International Rice Commission News*, 33, 30–33. [hps://agris.fao.org/agris-earch/search.do?recordID=XF8552445](https://agris.fao.org/agris-earch/search.do?recordID=XF8552445)
23. Lumpkin, & Plucknette. (1982). Azolla as a green manure. *Use and Management in Crop Production*. [http://jakraya.com/journal/pdf/15-IriArticle\\_1.pdf](http://jakraya.com/journal/pdf/15-IriArticle_1.pdf)
24. Mandal, Pandey, Chattopadhyay, & Mukhopadhyay. (2012). Azolla-an adequate form of significance to small scale. *Aquaculture Asia*, 18. : <https://arccjournals.com/journal/bhartiya-krishi-anusandhanpatrika/BKAP36>
25. Mathur, Sharma, & Choudhary. (2013). Use of Azolla (*Azolla pinnata*) as cattle feed supplement. *Journal of Krishi Vigyan*, 2, 73–75. <http://iskv.in/wp-content/themes/iskv/volumepdfs/77c375b4c30658fe6bd13845afae0010jkv-2-1-018.pdf>
26. Mooventhan, Kumar, Dixit, Sharma, Sivalingam, Gupta, Singh, Singh, Venkatesan, & Kaushal. (2019). Azolla: The super plant for sustainable feed production. *Indian Farming*, 69, 26–27. [https://www.nibsm.res.in/images/Azolla\\_The\\_super\\_plant\\_for\\_sustainable\\_feed\\_production.Indian\\_Farming.pdf](https://www.nibsm.res.in/images/Azolla_The_super_plant_for_sustainable_feed_production.Indian_Farming.pdf)
27. Naghshi, Khojasteh, & Jafari. (2014). Investigation of the effect of different levels of Azolla (*Azolla pinnata*) on performance and characteristics of Cobb broiler chicks. *International Journal of Farming and Allied Science*, 45–49. t: [https://www.semanticscholar.org/paper/Investigation-the-Effect-of-Different-Levels-of-\(Naghshi-Khojasteh/5d533eb1d26b0a7d19a7fc4767630cf35fe07357](https://www.semanticscholar.org/paper/Investigation-the-Effect-of-Different-Levels-of-(Naghshi-Khojasteh/5d533eb1d26b0a7d19a7fc4767630cf35fe07357)
28. Namra, Hataba, & Abdel. (2010). The productive performance of growing Fayoumi chicks fed restricted diets supplemented with free fresh Azolla. *Egyptian Poultry Science Journal*, 30, 747–762. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4774740/>
29. Nwana, & Falaye. (1997). Substitution of Azolla meal for groundnut cake in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). *Applied Tropical Agriculture*, 139–143.
30. Pannaerker. (1988). Azolla as a livestock and poultry feed. *Livestock Adviser*, 22–26. t: <https://www.semanticscholar.org/paper/Feeding-Potential-of-Aquatic-FernAzolla-in-Broiler-Ara-Adil/e9c9e0a4ea0101d24967c165d3acbb48fbc539bb>
31. Parashuramulu, Swain, & Nagalakshmi. (2013). Protein fractionation and in vitro digestibility of Azolla in ruminants. *Online Journal of Animal Feed Research*, 3, 129–132. : [http://www.ojafr.ir/main/attachments/article/95/Online%20J.%20Anim.%20Feed%20Res.,%203%20\(3\)%20129-132.pdf](http://www.ojafr.ir/main/attachments/article/95/Online%20J.%20Anim.%20Feed%20Res.,%203%20(3)%20129-132.pdf)
32. Pillai, Premalatha, & Rajamony. (2002). Azolla – A sustainable feed substitute for livestock. *LEISA India*, 4, 26–27.

33. Pillai, Premalatha, & Rajamony. (2005). Azolla: A Sustainable Feed for Livestock. . *LEISA Magazine*, 21, 15–17. <http://www.gemenskapspraktik.se/projects/theazollacookingandcultivationproject/research/Azolla,%20a%20sustainable%20feed%20for%20livestock.pdf>
34. Prabina, & Kumar. (2010). Dried Azolla as a nutritionally rich cost effective and immunomodulatory feed supplement for broilers. *The Asian Journal of Animal Science*, 5, 20–22. [http://www.researchjournal.co.in/online/TAJAS/TAJAS%205\(1\)/5\\_A-20-22.pdf](http://www.researchjournal.co.in/online/TAJAS/TAJAS%205(1)/5_A-20-22.pdf)
35. Querubin, Alcantara, & Princesa. (1986). Chemical composition of three Azolla species (*A. caroliniana*, *A. microphylla* and *A. pinnata*) and feeding value of Azolla meal (*A. microphylla*) in broiler ration II. *Philippine Agriculturist*, 479–490. <https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=PH8810158>
36. Raja, Rathaur, John, & Ramteke. (2012). Azolla: an aquatic Pteridophyte with great potential. . *International Journal of Research in Biological Sciences*, 2, 68–72. [https://dofr.pw/feta\\_cy\\_cygub\\_n.pdf](https://dofr.pw/feta_cy_cygub_n.pdf)
37. Rathod, Pramod, Praveen, Mandal, & Shinde. (2013). Feeding value of Azolla (*Azolla pinnata*) meal in growing Japanese quail. . *Indian Journal of Poultry Science*, 48, 154–158. t: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijps&volume=48&issue=2&article=004>
38. Rawat, Kumari, Singh, & Gilhare. (2015). Effect of Azolla supplemented feeding on milk production of cattle and production of broiler. *Applied Biological Research*, 214–218. l: <http://dx.doi.org/10.5958/0974-4517.2015.00031.2>
39. Sadek, Fatma, Hanan, Hassanein, Arafa, & Elham. (2010). Using of Azolla silage in growing rabbits feeding. *Egyptian Journal of Rabbit Science*, 67–82.
40. Shamna, Peethambaran, Jalaludeen, Joseph, & Aslam. (2013). Broiler characteristics of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) at different levels of diet substitution with *Azolla pinnata*. *Animal Science Report*, 75–80. [https://www.animalsciencereporter.com/7\\_2013\\_i2/75-80.pdf](https://www.animalsciencereporter.com/7_2013_i2/75-80.pdf)
41. Singh, & Subudhi. (1978). Utilization of Azolla in poultry feed. *Indian Farming*, 27, 37–39.
42. Sood, Uniyal, Prasanna, & Ahluwalia. (2012). Phytoremediation potential of aquatic macrophyte. *Azolla*, 122–137. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0159-z>
43. Sreemannarayana, Ramachandraiah, Sudarshan, Ramanaiah, & Ramaprasad. (1993). Utilization of azolla as rabbit feed. *Indian Veterinary Journal*, 285–286. <https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=IN9300569>
44. Sudaryono. (2006). Use of Azolla (*Azolla pinnata*) meal as a substitute for defatted soybean meal in diets of juvenile black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Journal of Coastal Development*, 145–154. : <http://www.coastdev.undip.ac.id/>
45. Sujatha, Kundu, Jeyakumar, & Kundu. (2013a). Azolla supplementation: Feed cost benefit in duck ration in Andaman Islands. *Tamil Nadu Journal of Veterinary Animal Science*, 130–136. t: [http://www.tanuvas.ac.in/tnjvas/tnjvas/vol9\(2\)/130-136%20pdf.pdf](http://www.tanuvas.ac.in/tnjvas/tnjvas/vol9(2)/130-136%20pdf.pdf)
46. Sujatha, Kundu, Jeyakumar, & Kundu. (2013b). Azolla supplementation: Feed cost benefit in duck ration in Andaman Islands. *Tamil Nadu Journal of Veterinary Animal Science*, 9, 130–136.
47. Tyagi, Mayne, & Peters. (1980). Purification and initial characterization of phycobiliproteins from the endophytic cyanobacterium of *Azolla*. *Archives of Microbiology*, 128, 41–44. : <https://doi.org/10.1007/BF00422303>
48. van Hove. (1989). Azolla and its multiple use with emphasis on Africa. *Food and Agriculture Organization*, 21, 112–116. <https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=XF19910069349>
49. van Hove, & Lejeune. (1996). Does Azolla have any future in agriculture? In Biological Nitrogen Fixation Associated with Rice Production (Ed.), *Does Azolla have any future in agriculture?* (pp. 83–94). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

50. Varadharajan, Gnanasekar, & Kothandaraman. (2019). Studies on feeding value of Azolla in quails in relationship to its carcass traits. *The Pharma Innovation Journal*, 1143–1145. <http://www.thepharmajournal.com/archives/2019/vol8issue4/PartR/8-4-124-734.pdf>
51. Wagner. (1997). Azolla: A review of its biology and utilization. *The Botanical Review*, 63, 1–26. <https://www.jstor.org/stable/4354285>
52. Wittouck, Detimmerman, Petry, & Van. (1992). Azolla as a food for rabbit in Africa. *Journal of Applied Rabbit Research*, 1058–1062.: [http://www.arnjournals.org/jabs/research\\_papers/rp\\_2016/jabs\\_01\\_16\\_774.pdf](http://www.arnjournals.org/jabs/research_papers/rp_2016/jabs_01_16_774.pdf)
53. Yadav, Abraham, Singh, & Singh. (2014). Advancements in the utilization of Azolla-Anabaena system in relation to sustainable agricultural practices. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, , 80, 301–316. [http://www.insaindia.org/journals/proceedings/Vol80\\_2014\\_2\\_Art14.pdf](http://www.insaindia.org/journals/proceedings/Vol80_2014_2_Art14.pdf)