

Uso de la *Azolla-Anabaena* en la agricultura como fertilizante

Lesly Malpica¹
Yusmary Espinoza^{2*}
Manuel de Jesús Mujica¹

¹Técnicos Asociados a la Investigación e ²Investigadora. INIA-CENIAP. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuaria, Unidad de Recursos Agroecológicos, Laboratorio de Biología de suelo. Maracay, estado Aragua. *Correo electrónico: yespinoza@inia.gov.ve

El complejo *Azolla-Anabaena* es una asociación simbiótica entre un helecho (*Azolla*; Foto 1) y una bacteria (*Anabaena*; Figura 1), capaz de fijar nitrógeno atmosférico aprovechable por las plantas a su alrededor. Este es una alternativa para sustituir las fuentes tradicionales de nitrógeno en los cultivos con sistema de siembra bajo inundación como es el caso del arroz. De ahí la importancia que el productor conozca cuáles son las condiciones ambientales que afectan su crecimiento y método para cultivarla.

Empleo agrícola de la *Azolla-Anabaena*

El principal uso de la *Azolla* es como abono verde para los cultivos de arroz u otros rubros. En la siembra de arroz, los campos se pueden inundar hasta una profundidad de 3-4 centímetros y sembrados con *Azolla*, a razón de 7.500 kilogramos ha⁻¹ de material recién recolectadas en los viveros. Cuando la superficie está cubierta de una capa de este helecho (≈20 t ha⁻¹), lo que tarda de 10 a 15 días, se vacía el agua y la *Azolla* se entierra con el arado, seguidamente el arroz se trasplanta 2 ó 3 días después.

La *Azolla*, al incorporarse al suelo, se descompone rápidamente, debido a su baja relación Carbono/Nitrógeno (C/N), este nitrógeno se hace disponible rápidamente para los cultivos. Luego de la descomposición ocurre un aumento del humus en el suelo, lo que trae como consecuencia un incremento de la capacidad de retención del agua, promoviendo la aireación, drenaje y agregación del suelo. Además de su influencia sobre las propiedades físicas del suelo, *Azolla* es importante en el ciclaje de nutrientes, ya que este helecho, puede absorber otros nutrientes del agua y liberarlos durante la descomposición.

Otra técnica es cuando la *Azolla* se asocia con el cultivo. En este caso, crece cubriendo toda la superficie del agua entre las plantas. De igual manera, puede ser utilizada en siembra de arroz, cultivos hidropónicos y acuapónicos. Esta especie libera el amonio (NH₄-N) al medio donde está creciendo y de esta forma puede ser empleada como fertilizante nitrogenado.

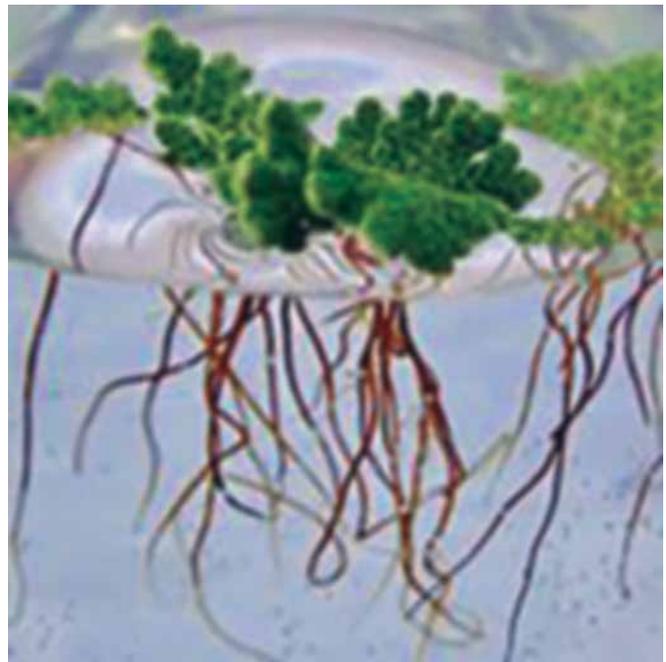


Foto 1. Helecho *Azolla*.
Fuente: Azolla Biosystems Ltd.



Figura 1. Cianobacteria, *Anabaena azollae*.
1. Células vegetativas; 2. heterocistos.

La asociación también tiene gran importancia como sumidero potencial de carbono (C), dado que, al poseer una alta tasa relativa de crecimiento (TRC)

y un bajo tiempo de duplicación (TD), aumenta el proceso biológico natural de fotosíntesis, donde se realiza la conversión dióxido de carbono CO₂ (gas de efecto invernadero) directamente en biomasa de *Azolla*, lo que en cierta forma contribuye a mitigar el calentamiento global.

También es usada como alimentación animal, principalmente en Asia y parte de África, resultando un excelente suplemento proteico para porcinos, aves (patos, pollos de engorde y gallinas de posturas), en peces herbívoros y como sustituto del forraje verde en los bovinos.

Condiciones óptimas donde se puede desarrollar la *Azolla Anabaena*

Azolla tiene un amplio intervalo de distribución altitudinal que se extiende cerca del nivel del mar hasta 5.000 metros. En general, prefiere condiciones frías y semisombreadas y se desarrolla mejor en altos contenidos de fósforo, tanto en el agua como en el suelo (Espinoza, 2004). En el trópico, se ha encontrado que la distribución de esta planta está representada mayormente por la especie *A. filiculoides*, la cual se caracteriza por desarrollarse, igualmente, en climas templados.

En Venezuela, Espinoza y Gutiérrez (2006), encontraron *A. filiculoides* distribuidas en la región centro occidental (Aragua, Barinas, Guárico y Portuguesa), además de otras especies de esta pero en menor proporción. La fijación simbiótica de Nitrógeno (TFN), TRC, y el TD de *Azolla* en Venezuela fue evaluada por estos mismos autores observándose rangos de valores que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Niveles de la tasa de fijación simbiótica de nitrógeno (TFN), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tiempo de duplicación (TD) de especies de *Azolla*, colectadas en Venezuela.

NIVEL	TFN (mg/ g/ día)	TRC (g/ g/ día)	TD (días)
Alto	>13,8	>0,23	>4,8
Medio	13,7-11,7	0,23-0,17	4,7-3,6
Bajo	11,6-10,3	0,16-0,13	3,5-3,6
Muy bajo	<10,1	<0,14	<2,8

Esta información es importante a la hora de escoger el helecho de *Azolla* que más se adapte a las necesidades de los productores. Cuando se está planificando su uso como fertilizante asociado al cultivo, se debería escoger la *Azolla* que fije mas nitrógeno. Si se desee usarla como abono verde y cultivo asociado, deberá considerarse la TFN, TRC y TD; y si sólo se plantea utilizarla como abono verde se estima la tasa TRC y TD.

Pasos para conservar *Azolla-Anabaena*

La fisiología de la reproducción sexual del helecho es poco conocida, su forma de reproducción es principalmente vegetativa. Por lo general, la planta se puede conservar en viveros pequeños o bancos de germoplasma.

Para la conservación de *Azolla*, los envases de semilleros deben ser pequeños, de 20 centímetros por 10 centímetros de alto, manteniendo una profundidad del agua de 3 a 6 centímetros. Se estima el material reproductor de 1 kilogramo por metro cuadrado.

El INIA cuenta con un banco de germoplasma de *Azolla*, cuya colección data desde el año 1992, con 40 accesiones del helecho, de las cuales se han identificado a nivel de especies el 50%. Dicho banco está ubicado en el umbráculo localizado en la Unidad de Recursos Agroecológicos del INIA-CENIAP, Maracay (Foto 2 a y b).

Producción de *Azolla-Anabaena*

Para la producción de *Azolla* se utilizan lagunas o tanques artificiales (Fotos 3 a, b, c, d, e y f), tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Escoger un área cercana a árboles o donde haya algo de sombra sin pendientes pronunciadas.
- El subsuelo debe contener arcilla para retener el agua, en caso contrario se deberá utilizar cobertura plástica al fondo del estanque.
- El lugar que se escoja deberá estar cercano a una fuente segura y suficiente de agua.
- Construir el estanque de aproximadamente 30-40 centímetros de profundidad.
- La cantidad necesaria para la siembra de *Azolla* por m² es de 200-500 gramos.



Foto 2 a y b. Umbráculo donde se mantiene el Banco de Germoplasma de *Azolla-Anabaena* de Venezuela.



Foto 3 a, b, c, d, e y f. Tipos de estanques donde se puede desarrollar *Azolla* en grandes cantidades.

El crecimiento de la asociación ***Azolla-Anabaena***, se ve influenciada también por factores medioambientales que a continuación se presentan. Cuadro 2.

Cuadro 2. Factores del medio ambiente que afectan el crecimiento de *Azolla-Anabaena*.

Temperatura	Azolla crece en condiciones variadas, mejor rendimiento es a 25°C. Sin embargo a temperaturas de 43°C deja de crecer y a 45°C muere (Espinoza y Gutiérrez, 2006).
pH	El crecimiento de <i>Azolla</i> puede variar con pH 4,5 a 9,0. Aunque sobrevive en una gama que va de 3,5 hasta 10.
Luz	La energía solar óptima para el crecimiento de <i>Azolla</i> oscila en el rango de 20.000 a 50.000 lux.
Humedad	La humedad relativa (HR) óptima está entre 85-90%. Si la HR es menor de 60% o superior a 100%, no hay crecimiento.
Salinidad	El contenido de sal en el agua debe ser inferior a 0,1%.
Nutrientes	El fósforo es el elemento más limitante para la producción de <i>Azolla</i> . Sin embargo, el hierro, potasio, molibdeno y cobalto también son nutrientes que limitan el crecimiento del helecho (Lumpkin y Plucknett (1980). Ensayos realizados en Venezuela, demostraron que la materia seca incrementó con el aporte de fósforo (P) hasta 4 mg h ⁻¹ (Espinoza y Gutiérrez, 2006).

Consideraciones finales

La *Azolla-Anabaena* por su alta capacidad de fijación de nitrógeno, se presenta como una alternativa de fertilización nitrogenada en la agricultura y fuente proteica para la alimentación animal. Además, la asociación también tiene gran importancia como sumidero potencial de carbono lo que en cierta forma contribuye a mitigar el calentamiento global.

Bibliografía consultada

AZOLLA BIOSYSTEMS LTD: <https://ve.linkedin.com/company/azolla-biosystems-ltd>
 Espinoza, Y. 2004. Potencialidad de *Azolla anabaena* como biofertilizante para cultivos de arroz. 2004. Ceniap HOY. Número 6.
 Espinoza, Y. y R. Gutiérrez. 2006. Caracterización agronómica de accesiones de *Azolla* de Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 23:135-150.
 Lumpkin, T. A. y D. L. Plucknett. 1980. *Azolla*: Botany, physiology and use as a green manure. Econ. Bot. 34: 111-153.

Serie de Manuales

MANUAL PRÁCTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA ARTESANAL
Tomate
MANUAL PRÁCTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA ARTESANAL
Ají & Pimentón
MANUAL PRÁCTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA ARTESANAL
Lechuga
MANUAL PRÁCTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA ARTESANAL
Chimbombó
MANUAL PRÁCTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA ARTESANAL
Auyama
MANUAL PRÁCTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA ARTESANAL
Pepino

El Cultivo de Hortalizas en Venezuela
El Cultivo del Arroz en Venezuela
El Cultivo del Mercey en el Oriente de Venezuela

Distribución y venta: Edificio Gerencia General INIA,
Avenida Universidad vía El Limón, Maracay estado Aragua
Teléfono: (58) 243 2404779
Visitenos en la página: <http://www.inia.gob.ve>