

EMPLEO DEL COMPLEJO SIMBIOTICO Azolla-Anabaena COMO APOR- TADOR DE NITROGENO EN ARROZALES

José Ancisar Arenas Villegas*
Luis Eduardo Medina Chavez*
Joaquin Gonzalez F. **

COMPENDIO

ABSTRACT

En tres ensayos se evaluó el crecimiento de Azolla en un arrozal: en el primero, se sembraron (al voleo o transplante) variedades de diferente arquitectura (Cica 8, IR-22, Bluebonnet 50); en el segundo se utilizaron tres densidades del inoculo (2.0, 3.5 y 5.0 t/ha) y en el tercero tres épocas de inoculación (pre-siembra, 16 y 26 días después de la siembra). Los resultados mostraron la relación entre peso fresco y seco y la ausencia de relación entre los mismos y el porcentaje de cubrimiento de Azolla. Los dos primeros ensayos no permitieron detectar diferencias significativas en el desarrollo de Azolla. Esta experiencia mostró la necesidad de un control de malezas previo a la inoculación con Azolla para impedir la competencia adicional de éstas por luz. Los resultados del tercer ensayo indicaron que Azolla se desarrolla mejor sin la competencia de arroz. En el cuarto ensayo se compararon cuatro formas de aplicar el bio-fertilizante con cuatro dosis de nitrógeno (urea). Los rendimientos alcanzados con la inoculación doble (Azolla antes y después de la siembra), fueron superiores a los obtenidos con 40 kg de nitrógeno/ha. La aplicación antes o después de la siembra produjo rendimientos superiores a los obtenidos con 15 kg de N/ha. En el quinto ensayo se evaluaron algunos aspectos sobre la nutrición del complejo Azolla-Anabaena. Los mejores resultados se obtuvieron con la combinación de hierro y fósforo, exponiendo el helecho a pleno sol. En un Oxisol de Carimagua, aplicando foliarmente el fosforo y a plena exposición solar, se obtuvieron resultados similares a los del tratamiento anterior.

Three trials evaluated the growth of Azolla within a rice paddy: planting (broadcast or transplanting) varieties (Cica 8, IR-22, Bluebonnet 50) with different plant architecture (first trial); using three (2.0, 3.5, 5.0 t/ha) inoculum densities (second trial) and three (pre-planting, 16 and 26 days after planting) inoculation times (third trial). The results showed the relationship between fresh and dry weights and the absence of a relationship between these and the percentage of Azolla coverage. No significant differences were observed in the growth of Azolla in the first two trials. These experiments showed the need of a previous weed control to inoculation with Azolla to prevent additional competition of weeds for light. Results of the third trial indicate that Azolla grows better without competition with rice. The fourth trial compared four forms of applying the biofertilizer with four rates of nitrogen (urea). Yields obtained with double inoculation of Azolla (before and after planting) were higher than those obtained with applications of 40 kg N/hectare. The application of Azolla prior to or after planting produced yields higher than those obtained with 15 kg N/hectare. The fifth trial evaluated some nutritional aspects of the Azolla-Anabaena complex. The best results were obtained with the combination of iron and phosphorus, with the fern exposed to direct sunlight. The additional treatment with Carimagua soil plus the leaf application of phosphorus and exposure to full sunlight gave results similar to those obtained in the previous treatment.

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

** Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. A.A. 6713, Cali, Colombia.

1. INTRODUCCION

La fertilización nitrogenada es una de las labores más importantes en la producción de arroz. Actualmente en los países occidentales esta fertilización se realiza utilizando fuentes sintéticas derivadas del gas natural o petróleo; ante el alto riesgo político y económico que involucra la dependencia de nuestra agricultura de su precio y suministro, no se debe olvidar la importancia de la fijación biológica de nitrógeno.

En los suelos inundables de los arrozales varios organismos tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico: Azolla, algas verde-azules que viven libremente, bacterias no simbióticas de la rizosfera y otras bacterias del complejo del suelo.

Azolla es un género de pequeños helechos acuáticos; su característica más notable es la asociación simbiótica con el alga verde-azul (cianobacteria) *Anabaena azollae*. En esta relación los productos finales de la fijación realizada por el alga endófito se intercambian por carbohidratos y el ambiente aislado que el helecho provee al alga. Esta se aloja en una cavidad en los lóbulos superiores de los frondes del helecho.

El trabajo tuvo como objetivos observar el desarrollo y crecimiento de Azolla dentro de un arrozal; evaluar el potencial del complejo simbiótico para suministrar nitrógeno al cultivo del arroz y determinar aspectos nutricionales en el desarrollo del helecho.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En la investigación, llevada a cabo en el Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT de Palmira, se efectuaron 4 ensayos de campo en un suelo clasificado como vertic calcustoll, de textura arcillosa, 7.3 de pH, 5.7 o/o de MO, 19.5 ppm de P (Bray II), 26.7 meq/100 g de Ca.

2.1. Experimento 1.

Se cuantificó el efecto de la luz sobre el crecimiento del complejo Azolla-Anabaena en presencia de tres variedades de arroz de diferente arquitectura y dos sistemas de siembra (directo y trasplante). El sistema de siembra directo se utiliza en América y en Asia el de trasplante, de donde proviene la tecnología del uso de Azolla.

Las variedades de arroz empleadas fueron: CICA 8 (de porte semienano, hojas erectas, cortas y alta capacidad de macollamiento), IR-22 (de características similares a la anterior, macolla un poco menos y es ligeramente

más temprana) y Bluobonnet 50 (de porte alto, entrenudos largos, hojas largas y decumbentes y poca capacidad de macollamiento). En la siembra directa se emplearon 100 kg/ha de semilla pregerminada; el transplante se realizó con plántulas de 27 días, 4 por sitio y a 20 x 20 cm.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento; el área de cada parcela fue de 16 m² (4 x 4 m). Se midieron las variables porcentajes de cubrimiento de Azolla a los 10, 30 y 55 días después de llevada al campo (inoculación), peso fresco y peso seco de Azolla/m², 35 y 55 días después de la inoculación (3.5 t/ha de Azolla fresca).

2.2. Experimento 2.

Se evaluó el crecimiento de Azolla en parcelas con la variedad de arroz CICA-8, utilizando 3 niveles de inóculo (2.0, 3.5 y 5.0 t/ha). El diseño experimental fue de cuadro latino con tres repeticiones por tratamiento. Se midieron las mismas variables de respuesta del ensayo 1.

2.3. Experimento 3.

Se evaluó el crecimiento de Azolla utilizando 3 épocas de inoculación: cuando se inoculó tempranamente, Azolla inició su desarrollo en un arrozal de 16 días y en uno de 26 días al inocular en forma tardía; la inoculación anterior se realizó en pre-siembra. Se usó el mismo diseño, número de repeticiones y tamaño de parcelas que en el experimento 2 y se midieron las mismas variables de respuesta.

2.4. Experimento 4.

Para estimar el aporte de nitrógeno al arroz del complejo Azolla - Ana-baena se compararon cuatro formas de aplicar el biofertilizante (pre-siembra, post-siembra, la combinación de los dos y la combinación de éstos más la aplicación de 40 kg de N/ha en forma de urea) con cuatro dosis de nitrógeno (como urea: 15, 40, 65 y 90 kg de N/ha) y un testigo absoluto.

Se midió la temperatura del agua de las parcelas con y sin Azolla antes de la siembra en un día soleado y un día nublado.

Azolla inoculado en pre-siembra se incorporó al suelo utilizando Paraquat; la aplicación se hizo extensiva a todo el lote para el control de malezas que precedió a la preparación y siembra del arroz.

En post-siembra Azolla se inoculó a los 27 días; se controlaron malezas con Propanil y Bentazon. El bio-fertilizante se incorporó 20 días después bajando la lámina de agua; de esta forma el helecho se secó y descompuso sobre el suelo. Cinco días más tarde, todo el ensayo sufrió una pérdida de agua. En las parcelas con Azolla inoculada después de la siembra, el helecho seco formó una cobertura o "mulch" sobre el suelo, se determinó el porcentaje de humedad a muestras de suelo (2 - 10 cm).

Se usó la variedad IR-42 de alta eficiencia fisiológica al uso de nitrógeno cuando se suministra en bajas cantidades. Se empleó el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamientos; el área efectiva de las parcelas fue de 9 m². Se midieron rendimiento y altura del arroz.

2.5. Experimento 5.

Se evaluaron aspectos nutricionales de Azolla en bandejas plásticas con suelo de CIAT-Palmira; considerando 2 intensidades de luz y aplicaciones foliares de fósforo; se usó un tratamiento con la aplicación de hierro y fósforo y un tratamiento adicional con un Oxisol (Carimagua, Llanos Orientales) más la aplicación de fósforo.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Desarrollo de Azolla.

Los resultados encontrados para los ensayos 1, 2 y 3 mostraron la relación existente entre peso fresco y peso seco y la ausencia de relación entre los mismos y el porcentaje de cubrimiento de Azolla (Figuras 1, 2 y 3). Los dos primeros ensayos no permitieron detectar significativamente posibles diferencias en el desarrollo de Azolla. La experiencia con los 3 primeros ensayos mostró la necesidad de un control de malezas previo a la inoculación con Azolla para impedir la competencia adicional de éstas por luz. Los resultados del tercer ensayo (época de inoculación) indicaron que Azolla se desarrolla mejor sin la competencia del arroz. No se detectaron diferencias entre la inoculación tardía y la inoculación temprana dentro del arrozal.

3.2. Aporte de nitrógeno.

En el ensayo 4 se detectaron diferencias en la temperatura del agua entre piscinas con Azolla y sin Azolla antes de la siembra del arroz. En un día nublado se alcanzaron diferencias de 2.3°C; en un día soleado se alcanzaron diferencias de 4.5°C por efecto de la cobertura del helecho (Cuadro 1).

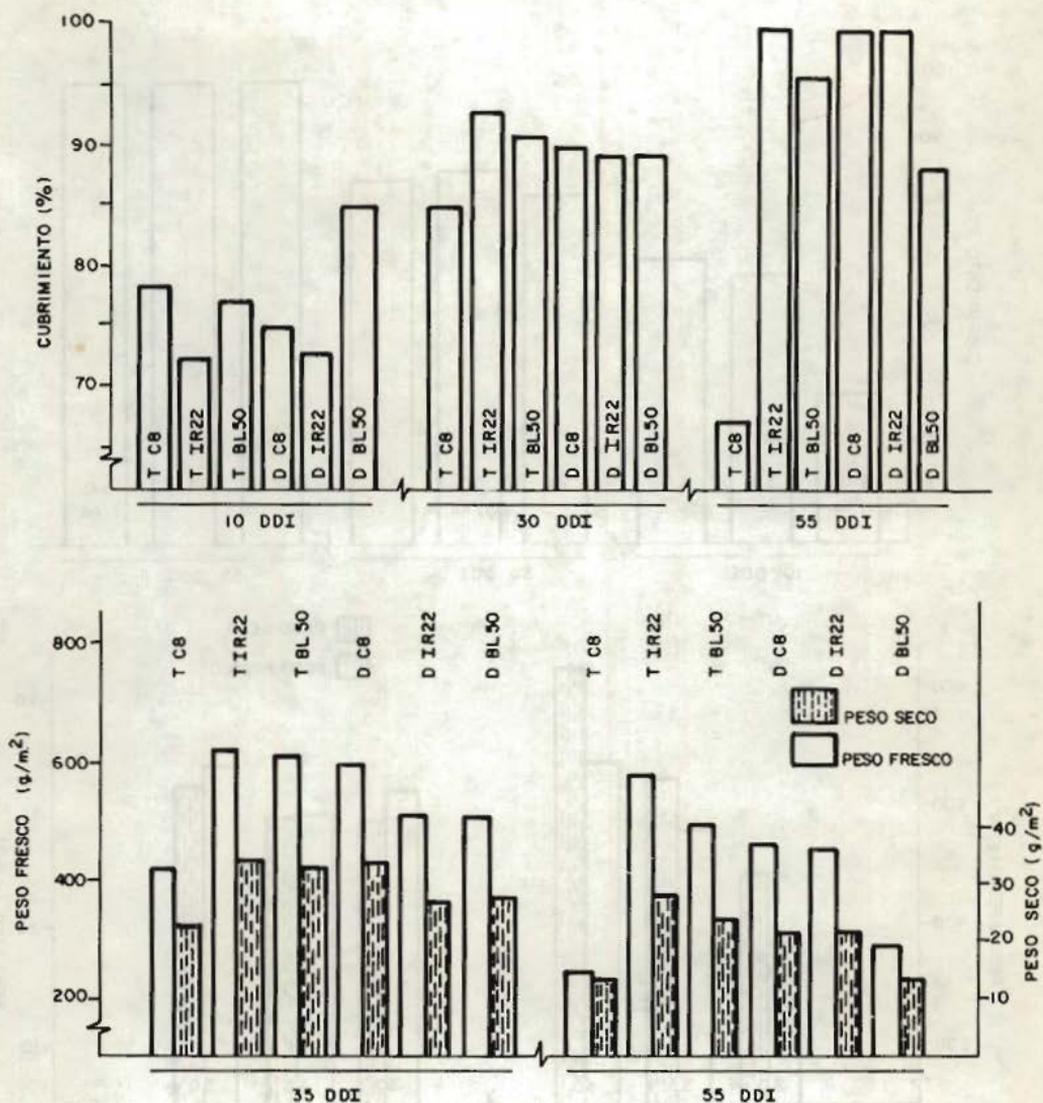


FIG.1.— Promedios para el porcentaje de cubrimiento a los 10,30 y 55 DDI y para los pesos fresco y seco de Azolla a los 35 y 55 DDI (Experimento I.)

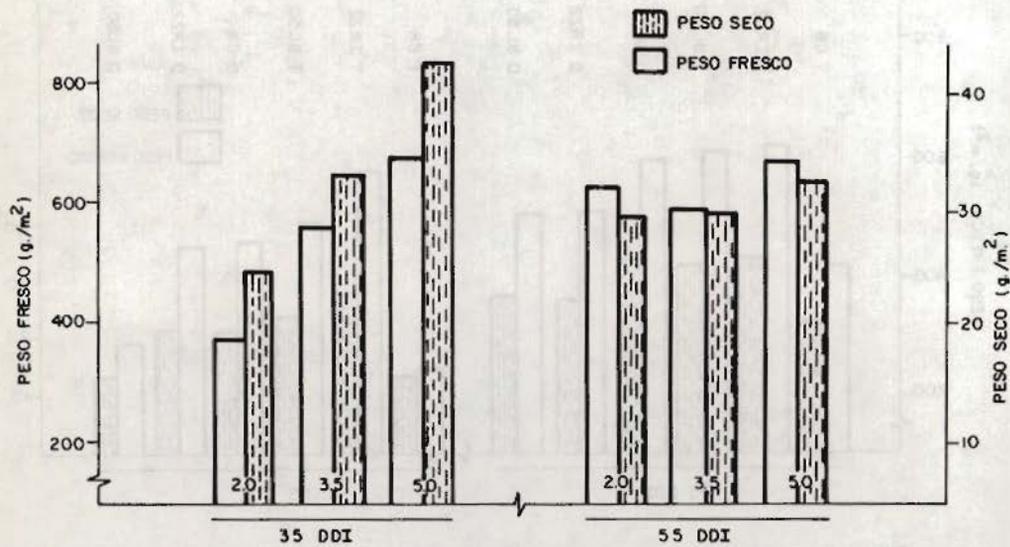
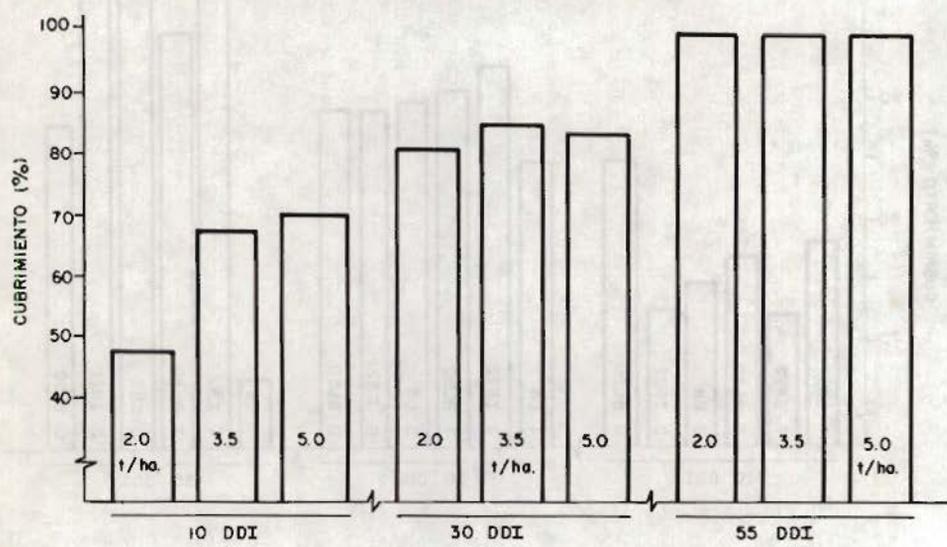


FIG. 2.—Promedios para el porcentaje de cubrimiento a los 10,30 y 55 DDI y para los pesos fresco y seco de Azolla a los 35 y 55 DDI. (Experimento 2.)

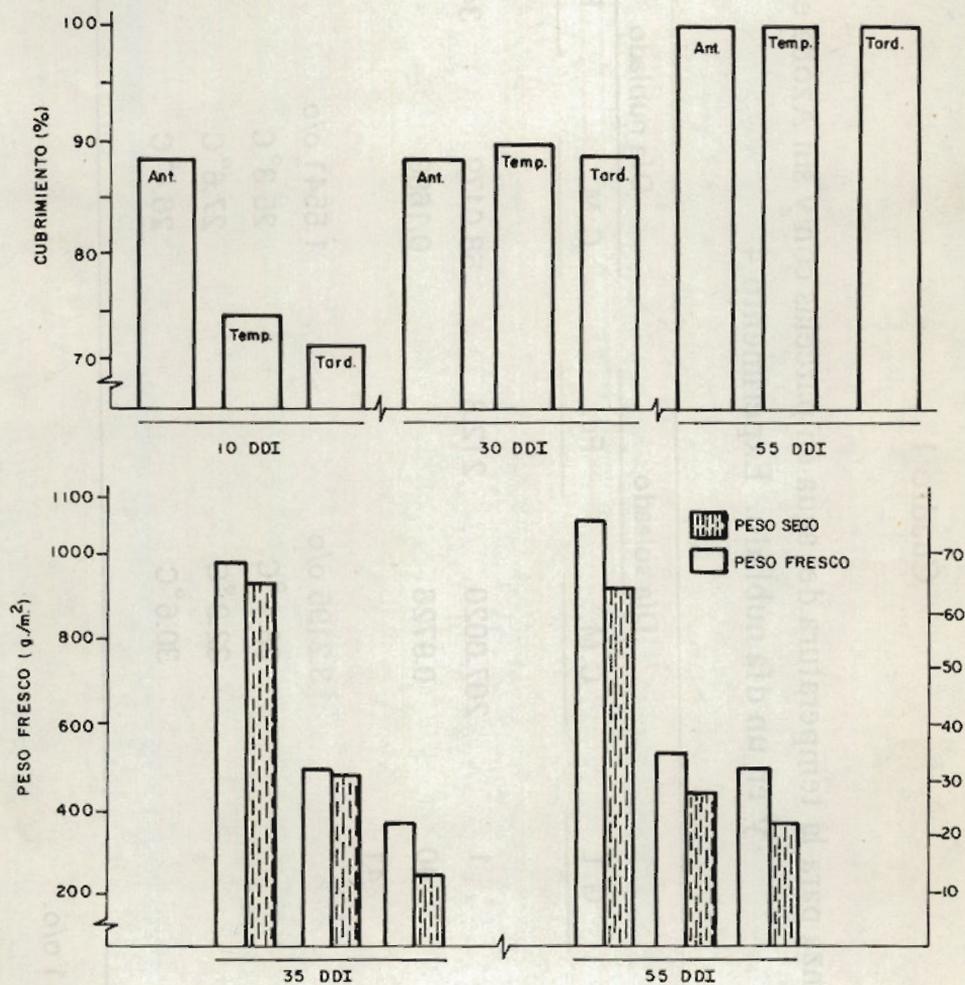


FIG. 3. —Promedios para peso fresco y seco de Azolla/m.² a los 35 y 55 DDI y para el porcentaje de cubrimiento 10,30 y 55 DDI (Experimento 3).

cvg

Cuadro 1

Análisis de varianza para la temperatura del agua en parcelas con y sin Azolla en un día soleado y en un día nublado. Experimento 4

Fuentes de Variación	G. L.	Día soleado		Día nublado		Ft.
		C. M.	Fc.	C. M.	Fc.	
Tratamiento	1	207.0020	212.8	58.0179	343.8	7.3**
Error	40	0.9726		0.1688		
Total corregido	41					
C. V.		3.2195 o/o		1.5541 o/o		
\bar{X} con Azolla		28.4 °C		25.3 °C		
\bar{X} sin Azolla		32.9 °C		27.6 °C		
\bar{X} con y sin Azolla		30.6 °C		26.4 °C		

** Significancia al 1 o/o.

Los rendimientos alcanzados con la inoculación doble (antes y después de la siembra) fueron superiores a los obtenidos con aplicaciones de 40 kg de N/ha. La aplicación de Azolla antes o después de la siembra produjo rendimientos de arroz superiores a los obtenidos con 15 kg de N/ha, resultados que muestran el potencial de Azolla para aportar nitrógeno al cultivo de arroz (Cuadro 2). El "mulch" de Azolla seca posiblemente protegió al suelo contra la excesiva pérdida de humedad en la ausencia ocasional del agua de riego; sin embargo, no se pudieron detectar diferencias estadísticas. Las parcelas con Azolla en post-siembra tuvieron el más alto porcentaje de humedad (Cuadro 3).

3.3. Aspectos nutricionales de Azolla.

En el ensayo 5 los mejores resultados se obtuvieron con la combinación de hierro y fósforo con el helecho a plena exposición solar; el tratamiento adicional con suelo Oxisol de Carimagua más la aplicación foliar de fósforo y plena exposición solar arrojó resultados similares a los obtenidos con el tratamiento anterior. Con la aplicación de fósforo (en sol o sombra) no se obtuvieron resultados satisfactorios; esto sugiere que existen problemas de deficiencias de hierro en tales condiciones experimentales y plantea la posibilidad de que el helecho se desarrolle aún mejor en suelos del C I A T-Palmira corrigiendo las deficiencias de algunos elementos (Cuadro 4).

4. CONCLUSIONES

- 4.1. El peso seco y el peso fresco de Azolla se pueden utilizar para analizar e interpretar los resultados de ensayos de crecimiento de Azolla en arrozales. El porcentaje de cubrimiento resulta menos adecuado para el mismo fin.
- 4.2. La época de inoculación es definitiva en el desarrollo de Azolla; el mejor crecimiento se produce cuando Azolla se inocula en pre-siembra.
- 4.3. Cuando una capa de Azolla se desarrolla sobre la superficie del agua disminuye la temperatura de ésta, influyendo indirectamente en los procesos químicos y biológicos que suceden bajo esta cobertura viva.
- 4.4. El empleo de herbicidas y el método físico (bajando la lámina de agua) resultaron efectivos para incorporar Azolla (ensayo 4).
- 4.5. La utilización de Azolla en post-siembra puede evitar la pérdida de agua al formar una capa seca o "mulch" cuando se retira la lámina de agua.

Cuadro 2

Rendimientos de arroz paddy (kg/ha) de la variedad IR-42 corregidos para un contenido de humedad del 14 o/o

Tratamiento	\bar{X}
1. 15 kg N/ha	4794.1 ^c
2. 40 kg N/ha	5997.7 ^{ab}
3. 65 kg N/ha	6619.4 ^{ab}
4. 90 kg N/ha	6879.7 ^{a**}
5. Inoculación Anterior	5560.8 ^{bc}
6. Inoculación Anterior + Inoculación Posterior + 40 kg N/ha	6494.7 ^{ab}
7. Inoculación Anterior + Inoculación Posterior	6254.6 ^{ab}
8. Inoculación Posterior	5521.6 ^{bc}
9. Testigo	5807.9 ^{abc}

Cuadro 3

Promedios de los porcentajes de humedad del suelo en base seca.
Experimento 4.

Tratamiento	Humedad (o/o)
1. 15 kg N/ha	60.341
2. 40 kg N/ha	52.737
3. 65 kg N/ha	52.737
4. 90 kg N/ha	46.721
5. Inoculación Anterior	52.965
6. Inoculación Anterior + Inoculación Posterior + 40 kg N/ha	60.341
7. Inoculación Anterior + Inoculación Posterior	57.853
8. Inoculación Posterior	56.978
9. Testigo	53.991

Cuadro 4

Promedios de los tratamientos para peso fresco y peso seco (g/bandeja).

Experimento 5

Tratamiento	Peso fresco	Peso seco
Fósforo	29.74 ^{a*}	2.10 ^{a*}
Fósforo-sombra	38.52 ^{ab}	2.13 ^a
Testigo-sombra	38.98 ^{ab}	1.88 ^a
Testigo	58.88 ^b	3.47 ^b
Fósforo (suelo Carimagua)	152.02 ^c	7.73 ^c
Fósforo +hierro	154.52 ^c	7.47 ^c

* α 0.05. Los promedios de los tratamientos con la misma letra indican diferencias no significativas.

- 4.6. La inoculación doble con Azolla, antes y después de la siembra, produjo rendimientos que se encontraron entre los obtenidos con la aplicación de 40 y 65 kg/ha de nitrógeno químico (urea).

5. BIBLIOGRAFIA

1. ARENAS, J. A.; MEDINA L. E.; RIZO, N. Bibliografía sobre el complejo simbiótico Azolla-Anabaena, 1979 - 1983. Palmira, CIAT, 1984. 34 p.
2. CAPAYA, T. D. International bibliography on Azolla. Los Baños, IRRI, 1979, 66 p.
3. LUMPKIN, T. A.; PLUCKNETT, D. L. Azolla as a green manure : use and management in crop production. Boulder, Westview Press, 1982. 230 p. (Westview Tropical Agriculture, Series n. 5).