

AGR  
0029  
1985

ESTUDIO DE CRECIMIENTO Y USO POTENCIAL DE *Azolla sp* COMO ABONO  
VERDE Y CULTIVO ASOCIADO CON ARROZ (*Oryza sativa L* ) EN LOS LLANOS  
ORIENTALES

URIEL MORA ZABALA

FERNANDO URREGO PINILLA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS LLANOS ORIENTALES  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONÓMICA  
VILLAVICENCIO, 1985

Universidad Tecnológica  
Llanos Orientales  
BIBLIOTECA

ESTUDIO DE CRECIMIENTO Y USO POTENCIAL DE *Azolla* sp COMO ABONO  
VERDE Y CULTIVO ASOCIADO CON ARROZ (*Oryza sativa* L ) EN LOS LLANOS  
ORIENTALES

URIEL MORA ZABALA

FERNANDO URREGO PINILLA

Trabajo de Grado presentado como requisito  
parcial para optar al título de Inge-  
niero Agronomo

Director HECTOR LAVERDE PEÑA  
Ingeniero Agronomo

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS LLANOS ORIENTALES  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
VILLAVICENCIO, 1985

Rector de la Universidad	MIGUEL ANTONIO BOHORQUEZ MORENO
Vice-rector Académico	MIGUEL EDUARDO VILLARREAL TORRES
Secretario General	MIGUEL PIÑEROS REY
Decano de la Facultad	HERNAN GIRALDO VIATELA
Director del Trabajo	HECTOR LAVERDE PEÑA
Jurados	JORGE CASTRO CASTILLO LAZARO HUGO LEMUS A

NOTA DE ACEPTACION

*Aprobada*

*D. Castro*

Jurado

*J. Ferrer*

Jurado

El Presidente de Tesis y el Jurado examinador de Grado no se haran responsables de las ideas emitidas por los autores

## DEDICATORIA

La profunda constancia y dedicación a la búsqueda sistemática y ordenada del conocimiento verdadero ha dado como resultado este fruto aunque con mucho esfuerzo y sacrificio. De mis padres **ENGELBERTO MORA** y **CANDIDA DE MORA**, Hermanos y con especial cariño a mi Abuelita **LEONOR VDA DE MORA** quien siempre se ha preocupado por mi bienestar formación moral e intelectual al igual que sus familiares

Uriel

- A mi padre por su incansable anhelo de verme superado por su enorme capacidad para formarme personal y académicamente por su apoyo moral por dedicar su vida a esa formación
- A mi madre por su invaluable voluntad por dedicar todo su esfuerzo y vida a mi formación personal y académica por su interminable apoyo moral

A mi hermana por su cariño para conmigo y su apoyo moral y por colaborar en mi formación personal y académica

- A mi hermano por su acertada orientación, por su aprecio hacia mí por su apoyo moral y por su colaboración en mi formación personal y académica. Dios les reconozca

Fernando



## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a las siguientes Instituciones y personas que hicieron posible la realización del presente trabajo

A la Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales al Decano y Profesores de la Facultad de Agronomía

Al Doctor HECTOR LAVERDE PEÑA Ingeniero Agrónomo Director de la Tesis, quien con sus conocimientos y acertada orientación hizo posible la culminación de la investigación

Al Centro Regional de Investigaciones "La Libertad" del Instituto Colombiano Agropecuario por sus aportes y colaboración en el desarrollo del trabajo

Al Centro de Equipos Interfacultades de la Universidad Nacional Bogotá por su colaboración en microscopía óptica y electrónica

Al Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional por la clasificación de la planta

En general a todas aquellas personas quienes en una u otra forma ayudaron en la realización del presente trabajo

## CONTENIDO

CAPITULO	TITULO	PAGINA
	INTRODUCCION	1
	JUSTIFICACION	2
	OBJETIVOS	4
1 -	REVISION DE LITERATURA	5
1 1	EL NITROGENO EN LA NATURALEZA	5
1 2	OTRAS ENTRADAS DE NITROGENO AL SUELO	6
1 3	ASOCIACIONES MICROORGANISMOS-PLANTAS QUE FIJAN NITROGENO	6
1 4	ASOCIACIONES DEL ALGA <i>Anabaena</i> sp	7
1 5	CENTROS INTERESADOS EN LAS RESERVAS BIOLOGICAS DE FIJACION DE NITROGENO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO	7
1 6	DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE <i>Azolla</i> sp	8
1 7	ESPECIES DE <i>Azolla</i> REPORTADAS EN CO- LOMBIA	9
1 8	CLASIFICACION DE LA <i>Azolla</i> sp	10
1 9	ECOLOGIA	10
1 9 1	pH	10
1 9 2	Intensidad lumínica	10
1 9 3	Relación pH intensidad lumínica	11
1 9 4	Temperatura	11
1 9 5	Humedad relativa	12
1 9 6	Lamina de agua	12
1 9 7	Concentración de sales en el medio	12
1 9 8	Vientos	12
1 10	ECOFISIOLOGIA	12

CAPITULO	TITULO	PAGINA
1 11	FISIOLOGIA Y CRECIMIENTO DE <i>Azolla sp</i>	14
1 12	FORMAS DE CULTIVO DE <i>Azolla sp</i>	20
1 12 1	Camas de mantenimiento	20
1 12 1	Camas de multiplicación	20
1 13	PROPAGACION	20
1 13 1	Sexual	20
1 13 2	Asexual	21
1 14	PROBLEMAS FITOSANITARIOS	21
1 14 1	Malezas	21
1 14 2	Plagas	21
1 14 3	Enfermedades	21
1 15	USOS DE <i>Azolla sp</i>	22
1 16	USOS DE <i>Azolla sp</i> EN ARROZ ( <i>Oryza sativa L</i> )	22
1 17	METODOS Y TECNICAS DE USO DE <i>Azolla sp</i>	23
1 17 1	Metodos manuales	23
1 17 2	Métodos químicos	23
1 17 3	Métodos naturales	23
1 18	DESCOMPOSICION DE <i>Azolla sp</i>	23
1 19	PRINCIPALES PROBLEMAS PARA ESTUDIO EN EL FUTURO SOBRE <i>Azolla sp</i>	24
2 -	HIPOTESIS $\curvearrowright$	24
3 -	MATERIALES Y METODOS	24
3 1	EXPERIMENTO N° 1 Estudio de crecimiento de <i>Azolla filiculoides</i>	24
3 1 1	Localización	24
3 1 2	Metodología $\beta$	25
3 1 3	Parámetros medidos $\alpha$	30
3 1 4	Análisis estadísticos	30



CAPITULO	TITULO	PAGINA
3 2 a	EXPERIMENTO N° 2 <i>Azolla sp</i> como abono verde en el ecosistema de arroz de secano	31
3 2 b	EXPERIMENTO N° 3 <i>Azolla sp</i> como cultivo asociado en el ecosistema de arroz de riego	31
3 2 1	Localización	31
3 2 2	Metodología	31
3 2 3	Parametros medidos	33
3 2 4	Análisis estadísticos	38
4 -	RESULTADOS Y DISCUSIONES	38
4 1	EXPERIMENTO N° 1 Crecimiento de <i>Azolla filiculoides</i>	38
4 1 1	Localización de <i>Azolla sp</i> en el Meta	38
4 1 2	Clasificación y morfología de <i>Azolla sp</i>	39
4 1 3	Comparación del análisis químico de aguas donde se encuentra <i>Azolla sp</i> y del agua utilizada para el experimento de crecimiento de <i>Azolla filiculoides</i>	40
4 1 4	Condiciones ambientales en los tres medios donde se inoculo el complejo simbiótico <i>Azolla-Anabaena</i>	44
4 1 5	Area de cubrimiento	48
4 1 6	Biomasa verde	52
4 1 7	Biomasa seca	56
4 1 8	Porcentaje de nitrógeno	59
4 1 9	Cambios en la coloración de <i>Azolla filiculoides</i>	64
4 2	EXPERIMENTO N° 2 <i>Azolla filiculoides</i>	

CAPITULO	TITULO	PAGINA
	como abono verde en el ecosistema de arroz de secano	64
4 2 1	Contenido de materia orgánica en el suelo	64
4 2 2	Análisis foliar para la determinación de nitrógeno	73
4 2 3	Resultados de los parámetros analizados al momento de cosecha	73
4 2 3 1	Número de macollas por planta	73
4 2 3 2	Altura de las plantas	73
4 2 3 3	Número de panículas por planta	73
4 2 3 4	Longitud de las panículas	74
4 2 3 5	Número de granos por panícula	74
4 2 3 6	Número de granos llenos por panícula	74
4 2 3 7	Número de granos vanos por panícula	74
4 2 3 8	Peso seco de los granos por panícula	74
4 2 3 9	Peso de mil granos por tratamiento	75
4 3	EXPERIMENTO N° 3 <i>Azolla filiculoides</i> como cultivo asociado en el ecosistema de arroz de riego	77
4 3 1	Contenido de materia orgánica en el suelo	77
4 3 2	Análisis foliar para la determinación de nitrógeno	77
4 3 3	Resultados de los parámetros analiza- dos al momento de la cosecha	78
4 3 3 1	Número de macollas por planta	78
4 3 3 2	Altura de las plantas	78
4 3 3 3	Número de panículas por planta	78

CAPITULO	TITULO	PAGINA
4 3 3 4	Longitud de las panículas	79
4 3 3 5	Peso seco de granos por panícula	79
4 3 3 6	Peso de mil granos del tratamiento	79
4 4	ANALISIS BROMATOLÓGICO DE <i>Azolla filiculoides</i>	81
4 5	PROBLEMAS FITOSANITARIOS DE <i>Azolla filiculoides</i>	82
5 -	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5 1	EXPERIMENTO N° 1 Crecimiento de <i>Azolla filiculoides</i>	82
5 1 1	Conclusiones	82
5 1 2	Recomendaciones	86
5 2	EXPERIMENTO N° 2 <i>Azolla filiculoides</i> como abono verde en el ecosistema de arroz seco	86
5 2 1	Conclusiones	86
5 2 2	Recomendaciones	86
5 3	EXPERIMENTO N° 3 <i>Azolla filiculoides</i> como cultivo asociado en el ecosistema de arroz de riego	87
5 3 1	Conclusiones	87
5 3 2	Recomendaciones	87
	RESUMEN	88
	SUMMARY	90
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

## INDICE DE TABLAS

TABLA N°	TITULO	PAGINA
1	Diseños y tamaños de unidades experimentales utilizados en los estudios de crecimiento de <i>Azolla</i> sp	28
2	Características de los experimentos para estudiar efecto de la <i>Azolla</i> sp en el rendimiento de arroz Unillanos 1984-B	34
3	Cantidades de <i>Azolla</i> sp y de fertilizantes empleados en los tratamientos de arroz de riego y de secano Unillanos 1984-B	35
4	Registros de intensidad lumínica promedios obtenidos durante el experimento de crecimiento de <i>Azolla filiculoides</i>	50
5	Modelo de regresión por tratamiento area de cubrimiento de <i>Azolla filiculoides</i>	53
6	Modelos de regresion por tratamiento para biomasa verde de <i>Azolla filiculoides</i>	57
7	Modelo de regresion por tratamiento para biomasa seca de <i>Azolla filiculoides</i>	62
8	Modelo de regresion por tratamiento para porcentaje de nitrogeno de <i>Azolla filiculoides</i>	65

TABLA N°	TITULO	PAGINA
9	Modelos generales de regresion para area de cubrimiento biomasa verde, biomasa se <u>ca</u> porcentaje de nitrogeno de <i>Azolla filiculoides</i>	67
10	Resultados de las variables estudiadas en el experimento sobre <i>Azolla filiculoides</i> como abono verde en el ecosistema de arroz secano	76
11	Resultados de las variables estudiadas en el experimento sobre <i>Azolla filiculoides</i> como cultivo asociado en el ecosistema de arroz de riego Variedad Oryzica 2	80
12	Resultados del analisis bromatologico con base en biomasa seca de <i>Azolla filiculoides</i> (Procedentes de las piscinas de multiplicacion del Helecho La Libertad 1984-A	83

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	TITULO	PAGINA
1	Mecanismo de fijacion de nitrógeno por <i>Azolla</i> sp	16
2	Sitio donde se desarrollo el experimento sobre crecimiento de <i>Azolla filiculoides</i>	27
3	Distribucion de las unidades experimentales en los tres tipos de tratamiento en el trabajo de crecimiento de <i>Azolla</i> sp La Libertad 1984-A	29
4	Piscina para la multiplicacion de <i>Azolla filiculoides</i>	36
5	<i>Azolla filiculoides</i> luego de su incorporacion al suelo	37
6	<i>Azolla filiculoides</i> y su distribucion en el experimento de <i>Azolla</i> asociado con arroz de riego	37
7	Aspectos de ecosistema de la laguna donde se localizo <i>Azolla filiculoides</i> Pacha - quiaro Meta	41
8	Sitios donde reportamos <i>Azolla</i> sp en el Piedemonte Llanero (Departamento del Meta)	42

FIGURA N°	TITULO	PAGINA
9	Morfología externa de <i>Azolla filiculoides</i> vista al esteroscopio donde se observan principalmente los frondes	45
10	Corte longitudinal de <i>Azolla filiculoides</i> mostrando células de helcho y la cavidad central que contiene el alga <i>Anabaena azolla</i>	45
11	Filamentos del microsimbionte <i>Anabaena azolla</i> visto con luz de contraste	46
12	Filamentos del alga <i>Anabaena azolla</i> vistos con luz fluorescente	46
13	Heterocysto de <i>Anabaena azolla</i> visto al microscopio electrónico con aumento de 32000X	47
14	Comportamiento de la temperatura del agua bajo los tres tipos de sombriío durante el experimento de crecimiento del complejo simbiótico <i>Azolla-Anabaena</i>	51
15	Comportamiento área de cubrimiento de <i>Azolla filiculoides</i> bajo tres tipos de sombriío La Libertad 1984-A	54
16	Comportamiento de la biomasa verde de <i>Azolla filiculoides</i> bajo tres tipos de sombriío La Libertad 1984-A	58

## I N D I C E D E A N E X O S

NUMERO	TITULO	PAGINA
1	Otras fuentes de informacion	101
2	Resultados del analisis de cuatro muestras de aguas tomadas en varios sitios del Piedemonte Llanero y una muestra de agua de un canal de la Sabana de Bogota La Libertad Pachaquiara, Bogotá 1983-B	102
3	Resultados de analisis del nitrogeno del agua con y sin <i>Azolla filiculoides</i> a los 45 dias de la inoculación La Libertad 1984-A	103
4	Informacion climatológica en el Centro Regional de Investigaciones Agropecuarias La Libertad Diciembre/83- Agosto /84	104
5	Datos de temperatura obtenidos en el campo durante el experimento de crecimiento de <i>Azolla filiculoides</i>	105-113
14	Análisis de varianza para la variable dependiente area de cubrimiento por épocas	114
15	Prueba Tukey para la variable área de cubrimiento (a los 14 dias de inoculada <i>Azolla filiculoides</i> )	115

NUMERO	TITULO	PAGINA
16	Prueba Tukey para la variable area de cubrimiento ( a los 77 días de inoculada <i>Azolla filiculoides</i> )	116
17	Análisis de varianza para la variable dependiente biomasa por épocas	117
18	Prueba Tukey para la variable biomasa verde ( a los 35 dias de inoculada <i>Azolla filiculoides</i>	• 118
19	Análisis de varianza para la variable dependiente biomasa seca por epocas	119
20	Prueba Tukey para la variable biomasa seca ( a los 14 dias de inoculada <i>Azolla filiculoides</i> )	120
21	Prueba Tukey para la variable biomasa seca ( a los 35 dias de inoculada <i>Azolla filiculoides</i> )	121
22	Análisis de varianza para la variable dependiente porcentaje de nitrógeno por epoca	122
23	Prueba Tukey para la variable dependiente porcentaje de nitrógeno ( a los 28 días de inoculada <i>Azolla filiculoides</i> )	123

NUMERO	TITULO	PAGINA
24	Prueba Tukey para la variable porcentaje de nitrógeno ( a los 35 días de inoculada <i>Azolla filiculoides</i> )	124
25	Prueba Tukey para la variable porcentaje de nitrógeno ( a los 42 días de inoculado <i>Azolla filiculoides</i> )	125
26	Prueba Tukey para la variable porcentaje de nitrógeno ( a los 63 días de inoculada <i>Azolla filiculoides</i> )	126
27	Análisis de varianza para las diferentes variables en el ecosistema de arroz de secano	127
28	Prueba Tukey para la variable altura de las plantas	128
29	Prueba para la variable número de panículas	129
30	Prueba Tukey para la variable longitud de la panícula por planta	130
31	Prueba Tukey para la variable número de granos por panícula	131
32	Prueba Tukey para la variable número de granos llenos por panícula	132

NUMERO	TITULO	PAGINA
33	Prueba Tukey para la variable numero de granos vanos por panícula	133
34	Prueba Tukey para la variable peso seco de los granos por panícula	134
35	Contenido de materia organica inicial y final en el suelo empleado para los ecosistemas de arroz de secano y de riego Umillanos 1984-B	135
36	Analisis de varianza para variables en el ecosistema de arroz de riego	136
37	Prueba Tukey para la variable número de macollas por planta	137
38	Prueba Tukey para la variable altura de las plantas	138
39	Prueba Tukey para la variable número de panículas por planta	139
40	Prueba Tukey para la variable peso seco del grano por panícula	140
41	Resultados del peso seco de ml granos y determinación de nitrógeno foliar por tratamiento en los ecosistemas de arroz de secano y de riego	141

## I N T R O D U C C I O N

*Azolla* sp es un genero de helecho acuatico que habita asociado con el alga verde azul *Anabaena azolla* que asimila nitrogeno atmosferico (LUMPKIN T A (21))

Se sabe que *Azolla* sp fija nitrogeno en diferentes proporciones por ejemplo en condiciones favorables cinco toneladas de peso fresco de *Azolla* sp sembrados en una hectarea se convierten en 160 toneladas de materia verde en un tiempo de tres a cuatro meses contenido cerca de 425 kilogramos de nitrogeno, (más de dos toneladas en terminos de sulfato de amonio o cerca de una tonelada de urea) (ARENAS J A y MEDINA L E (1) MEDINA L E y ARENAS J A (26))

Actualmente se han realizado trabajos con *Azolla* sp en paises como Estados Unidos China Brasil Nueva Zelandia, Vietnam Filipinas Peru Australia Indonesia India México, ademas recientemente en Colombia (en el CIAT de Palmira y en el Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional, Bogotá), en el Continente Africano tambien se han realizado dichos trabajos Los estudios mas conocidos son aquellos que se han realizado sobre *Azolla* sp asociado con el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L ), en otros cultivos tales como el maiz (*Zea mays*) tambien se ha utilizado este biofertilizante (BROTONEGORO S , SUDJADI M , PARTOHARDJONO S , SUKIMAN T , PRIHATINI T and HENDRIKS V (6) FERRERA-FERRATO R MIRANDA R A (11), MUÑEVAR M F (28))

En el cultivo de arroz actualmente se hace uso de altas dosis de fertilizantes sinteticos El empleo de *Azolla* sp como abono verde o como asocio en una posibilidad de obtener nitrogeno de fuentes biologicas por lo cual se hace necesario conocer las probabilidades reales a traves de investigaciones locales

### J U S T I F I C A C I O N

El empleo de *Azolla sp* es muy antiguo, pués en el libro sobre técnicas de agricultura escrito en China en el año 540 A C por JIA SSA, Hsieh , señala la utilización de *Azolla sp* en campos de arroz (LIU, C C (20))

Actualmente son 1 34 millones de hectareas de *Azolla sp* en China De ahí su importancia como abono verde en el cultivo de arroz en China En Vietnam su multiplicación se ha extendido a unas 320 000 hectareas (LIU, C C (20), LUMPKIN, T A (21), TUAN, D T and THUYET, T Q (44))

STRASBURGER en 1873 observó por primera vez que los lobulos por la cara dorsal de *Azolla sp* contenian cavidades dentro de las cuales podia encontrarse siempre el alga verde-azulada (*Anabaena azolla*) (ASHTON, P J v WALMSLEY, R D (2) BECKING, J H (4) MOORE, ^ '' (27))

Los estudios de tejidos y celulas sexuales se iniciaron por investigadores como PFEIFFER (1907), HANNING (1911), GOEBEL (1905-1930), DUNCAN (1949), BECKING, J H (4) En 1947 se hicieron los primeros estudios sobre el porcentaje de proteina que contienen *Azolla sp* (LUMPKIN T A and PLUCKNETT, D L (24))

En el periodo de 1950 a 1970 se comenzaron los estudios sobre crecimientos y productividad de la planta y a partir de 1975 se iniciaron investigaciones sobre multiplicacion y formas de uso de *Azolla sp* en el campo agricola (LUMPKIN, T A and PLUCKNETT, D L (24) MOORE A W (27) RAMIREZ-FSPINAS C , BEPJA N S DEL ROSARIO D C and WATANABE I (36)) En la actualidad se sabe que *Azolla sp* puede ser usada como abono verde o como cultivo asociado y se presenta como una alternativa que solucionaria en parte los problemas de fer-

tilización nitrogenada, disminuyendo los costos y los daños causados al ecosistema

El cultivo de arroz ha venido ganando importancia en el país, por ejemplo en el año de 1984 se sembraron en el Departamento del Meta 50349.5 hectáreas de arroz de riego y 25323.5 hectáreas de arroz de secano. Para el año de 1985 se sembraron en el primer semestre 28728.5 hectáreas de arroz de riego y 34319.5 hectáreas de arroz de secano (I C A). La recomendación de nitrógeno para el primer ecosistema es de 100 kilogramos por hectárea y para el segundo de 80 kilogramos por hectárea (SANCHEZ, L F y OWEN, B E (39))

Reportes bibliográficos indican que el arroz requiere en promedio 80 kilogramos de nitrógeno por hectárea (SANCHEZ, L F y OWEN, B E (39)), de los cuales, la *Azolla* sp. utilizada para la fijación de nitrógeno en algunos países puede producir de 20-30 kilogramos de nitrógeno por hectárea (RANGASWANI, G (37), SINGH, P K (40)), y en otros hasta 45 kilogramos de nitrógeno por hectárea (aproximadamente en un mes) (ARENAS, J A y MEDINA, L E (1), MEDINA, L E y ARENAS, J A (26)). Lo cual permitiría suplir en parte las necesidades de nitrógeno del cultivo.

Basados en lo anterior se pretendió mediante la presente investigación conocer los aspectos principales sobre el crecimiento del helecho *Azolla filiculoides*, así como las cantidades de nitrógeno acumuladas por la *Azolla filiculoides* en condiciones de los Llanos Orientales.

Además se determinó cuáles son las tendencias que presenta el helecho cuando se le utiliza como abono verde en el ecosistema de arroz secano, y cuando se le emplea como cultivo asociado con arroz de riego, bajo condiciones de invernadero.

### - Objetivos Generales

- Determinar el uso potencial de *Azolla sp* en arroz de secano y como cultivo asociado en arroz de riego, en condiciones de inver\_nadero
- Realizar estudios sobre el crecimiento de *Azolla sp*

### Objetivos Específicos

- Determinar la cantidad de nitrógeno que fija *Azolla sp* en dife\_rentes épocas de su ciclo de vida
- Determinar la importancia del uso de la *Azolla sp* como abono verde en arroz de secano
- Determinar la importancia del uso de la *Azolla sp* como cultivo asociado con arroz de riego

## 1 REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.1 EL NITRÓGENO EN LA NATURALEZA

El nitrógeno se encuentra en la atmósfera y en el suelo, en la atmósfera de cada cinco partes de aire cuatro son de nitrógeno o sea el 80%, este se encuentra en forma de nitrógeno elemental,  $N_2$ , pero también existe amoníaco, en forma gaseosa que procede de la putrefacción de las sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y que no participan en la actividad de las bacterias nitrificantes. Además existen nitritos y nitratos en forma gaseosa los cuales se forman en el aire durante las tormentas. El agua disuelve el amoníaco y los nitritos, llevándolos al suelo, contribuyendo así a enriquecerlo, aunque en una proporción muy pequeña (NEVIANI, I (33))

El nitrógeno se encuentra en el suelo en forma inorgánica (nitratos y estado amoniacal), y en forma orgánica (ureica y amídica). Las plantas pueden absorber directamente los nitratos y en algunos casos el nitrógeno amoniacal (NEVIANI, I (33))

En la mayoría de los casos el nitrógeno orgánico proveniente de los residuos vegetales y animales y de sus productos de desecho acaba volviendo al suelo y restituyendo así el contenido de nitrógeno. Este nitrógeno vuelve al suelo en forma de compuestos orgánicos los cuales no son reabsorbidos ni utilizados pero pueden llegar a serlo por la acción de las bacterias que lo descomponen y mineralizan convirtiendo el nitrógeno orgánico amoniacal (NEVIANI I (33)). Sobre el amoníaco actúan otras bacterias que lo transforman primero en nitritos y luego en nitratos. Por esta razón tales bacterias en conjunto son llamadas nitrobacterias. Las nitrosomonas convierten el amonio en nitritos, las nitrobacterias convierten los nitritos en nitratos (GEORGE, L C (12))

Los nitratos, son sustancias solubles en el agua, circulando en el suelo con posibilidad de ser absorbidos por las plantas y penetrar en cada célula. Allí en estos órganos se convierten nuevamente en amoníaco que combinados con ácidos orgánicos formarán los aminoácidos, éstos se unen entre sí en elevado número para formar las proteínas (NEVIANI, I (33))

Cuando los animales consumen las plantas verdes, las proteínas a través de una serie de transformaciones pasan a constituir la parte protéica de los tejidos. Así, los animales y las plantas son reservas de compuestos nitrogenados y al morir estas reservas retornan al suelo y reinician su ciclo (NEVIANI, I (33))

## 1.2 OTRAS ENTRADAS DE NITROGENO AL SUELO

También hay enriquecimiento de nitrógeno del suelo debido a la lluvia. Se suele decir que la lluvia añade unos 5 kilogramos de nitrógeno por hectárea al año. Esto equivale más o menos a 10 kilogramos de urea. Este nitrógeno es inmediatamente disponible para las plantas (BUCKMAN H O and BRADY N C (7)). También hay entradas de nitrógeno al suelo por medio del abonamiento y puede ser fuentes orgánicas (estiércol, tejidos animales, residuos de cosecha, etc) o por fuentes inorgánicas (nitratos de sodio, urea, sulfato de amonio, cianamida de calcio, etc) (BUCKMAN H O and BRADY N C (7))

## 1.3 ASOCIACIONES MICROORGANISMOS-PLANTAS QUE FIJAN NITROGENO

Este fenómeno está muy distribuido en la naturaleza tanto en la zona del suelo bajo la influencia de la planta (rizósfera) como en el interior de las células radiculares de muchas plantas, podemos citar algunos ejemplos de estas asociaciones. *Rhizobium* y plantas leguminosas, es el caso de *Trifolium repens* y *Trifolium sp.* *Jarvisium sp.* y *Glucine max* (MUNFVAR M F (29) VALDES, M (45)), plantas no leguminosas y *Frankia sp.* (VALDES, M (45))

#### 1 4 ASOCIACIONES DEL ALGA *Anabaena sp*

El alga *Anabaena sp* existe en asociación simbiótica con diversos grupos de plantas, entre ellas están, líquenes (*Collema tumiforme*, *Peltigera rufescens*), Briófitos (*Riccia sp*, *Blasia sp*, *Cavicularia sp*, *Anthoceros sp*), Pteridophytos (*Azolla sp*), Gymnospermas (*Cycas sp*, *Staegeria sp*, *Encephalartos sp*), Angiospermas (*Gunnera sp*) (SINGH, P K (40))

De las anteriores asociaciones la mas llamativa es la simbiosis de *Azolla-Anabaena*, por la eficiente fijación de nitrógeno, que al parecer incrementa la actividad y fijación por encima de los valores obtenidos por formas de *Anabaena sp* de libre crecimiento (SINGH, P K (40))

#### 1 5 CENTROS INTERESADOS EN LAS RESERVAS BIOLÓGICAS DE FIJACION DE NITROGENO Y DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

Internacionalmente se destacan los siguientes (GRAHAM, P H (13), HARRIS S C (14))

- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia
- International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan Nigeria
- International Crops Research Institute for the Semiarid Tropics (ICRISAT) Patancheru India
- International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) Aleppo Syria
- International Rice Research Institute (IRRI), los baños phil-

ppines

- Division of sea Research Higher F D Unesco Paris France
- USAID, Washington U S A
- Food and Agriculture Organization (F A O), Roma Italia
- Research for Development (A D A B ), Canberra Australia

## 1 6 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE *Azolla* sp

*Azolla* sp se halla distribuida en todos los pisos termicos, de alturas que van desde el nivel del mar hasta cinco mil (5 000) m s n m (LUMPKIN, T A and PLUCKNETT, D L (24)) La *Azolla caroliniana* esta ampliamente distribuida desde el noroeste de los Estados Unidos hasta la Argentina, tambien ha sido introducida en Asia y Europa, *Azolla filiculoides* está distribuida en América en forma similar a la *Azolla caroliniana* y esta ahora también presente en Sudafrica Asia, Europa y Oceania La *Azolla rubra* en algunos tiempos fue considerada como una variedad de *Azolla filiculoides* y está esencialmente localizada en el Japón y Nueva Zelandia La *Azolla mexicana* es exclusivamente de América y crece desde Canadá hasta Bolivia La *Azolla microphylla* se encuentra en Latinoamérica y se sabe muy poco de su distribucion (LUMPKIN T A and PLUCKNETT, D L (24))

Las siguientes son algunas especies de *Azolla* conocidas *Azolla rubra* *Azolla caroliniana*, *Azolla pinnata* *Azolla mexicana*, *Azolla neobtica*, *Azolla microphylla* Tambien se conocen algunas variedades de *Azolla* tales como *Azolla pinnata* Var *pinnata*, *Azolla pinnata* Var *imbricata* *Azolla pinnata* Var *africana* (LUMPKIN T A and PLUCKNETT D L (24) REYNAUD, P A (38))

## 1.7 ESPECIES DE *Azolla* REPORTADAS EN COLOMBIA

Se ha encontrado *Azolla filiculoides* en Quetame Pantano de Fuquene Salto de Teouendama Bosa Sopo Laguna de Chisacá Suesca Rio Negro (MURILLO N T (31)) Tambien existe la *Azolla caroliniana* pero no la *Azolla microphylla* ni *Azolla mexicana* (CIAT (8)) Los especimenes colectados hasta el momento en Departamentos del Valle del Cauca Córdoba y Bolívar han sido identificados tentativamente como variedades de *Azolla filiculoides* y se esta estableciendo su identificacion exacta en estudios de esporulacion (CIAT (8), ZIMMERMAN W J (49))

Entre 1979 y 1980 el CIAT realizo un estudio sobre la presencia de *Azolla* en Colombia fueron recolectadas 12 variedades potenciales de *Azolla* sp de los cuales la mayoría de especies de *Azolla* sp fueron coleccionadas del sur de la Amazonia Colombiana Los sitios investigados en Colombia y en donde posiblemente existe *Azolla* sp segun el CIAT se reportan a continuacion (ZIMMERMAN W J (49))

DEPARTAMENTO	LOCALIZACION	SITIO DE PRESENCIA
Amazonas	Leticia	Camboa
		Isla Randiño
		Lago Yahuaracaca
		Quebrada Arara
		Rio Cayarú
		Yahuma
		Zaralva
Bolívar	Cartagena	La Cordialidad
Cauca	Santander de Quilichao	No hay
Córdoba	Montería	Cotorro
		Lorica N° 1
		Lorica N° 2

DEPARTAMENTO	LOCALIZACION	SITIO DE PRESENCIA
Huila	Neiva	No hay
Meta	Carimaqua	No hay
	Villavicencio	No hay
Nariño	Tumaco	No hay
Norte de Santander	Cucuta	No hay
Santander	Bucaramanga	---
Tolima	Ibague	No hay
Valle del Cauca	Calí	CIAT

### 1 8 CLASIFICACION DE *Azolla sp*

La siguiente es la clasificación taxonómica de *Azolla sp* (LUMPKIN, T A and PLUCKNETT, D L (24))

Division	<i>Pteridophyta</i>
Clase	<i>Filicópsida</i>
Orden	<i>Salviniales</i>
Género	<i>Azollaceae</i>
Especie	<i>sp</i>

### 1 9 ECOLOGIA

1 9 1 pH La *Azolla sp* es ampliamente tolerante al pH, sobrevive en rangos de pH que van desde 3,5 a 10 y crece bien en pH desde 4,5 - 9 (VAN, HOVE, C , DIAPA, H F , GODARD, P (46), WATANABE, I , ESPINAS, C R , BERJA, N S and ALIPIANGO, B V (48))

1 9 2 Intensidad Lumínica Para su crecimiento *Azolla sp* toma aproximadamente del 25-50 por ciento de toda la luz solar, la planta habita en pozos, canales y orillas de ríos, en donde la radicación solar no

sea ni excesiva ni deficiente, aproximadamente el 50% (LUMPKIN, T A and PLUCKNETT, D L (24))

- 1 9 3 **Relación pH intensidad lumínica** *Azolla sp* tiene un crecimiento a pH bajo cuando está sometida a una iluminación reducida de (15000Lx) pero a iluminaciones por encima de 60 000Lx hay una inhibición del crecimiento para todos los valores de pH, puesto que la iluminación solar plena es de el orden de (80 000-115000Lx), las características mencionadas indican que al helecho le favorecen los ambientes donde dispone de cierto grado de oscuridad, siendo capaz de tolerar un amplio margen de pH (ASHTON, P J y WALMSLEY, R D (2), CLAVIJO J A (9))

- 1 9 4 **Temperatura** Crece normalmente a temperaturas de 15-30°C para la óptima en el medio para el crecimiento de *Azolla sp* oscila entre 18-22°C (TUAN, D T and THUYET, T O (44))

La rata de crecimiento y la cantidad de nitrógeno que fija *Azolla filiculoides* esta íntimamente ligada por la máxima temperatura del aire (TALLEY, S N and RAINS, D W (43))

En los tropicos, el uso de *Azolla* es a veces restringida por la poca tolerancia a las altas temperaturas, en ensayos se reporta que el máximo crecimiento se obtuvo entre 8-33°C y se disminuye luego el crecimiento, ademas el maximo de biomasa en la mayoría de razas de *Azolla sp* fue a los 22°C excepto en *Azolla filiculoides* que fue a los 33°C (WATANABE, I , BERJA, N S , ESPINAS C R and SU-

BUDHI, B P R (47))

- 1 9 5 **Humedad Relativa** Algunos estudios indican que esta no debe ser menor de 75% para el adecuado crecimiento de *Azolla* sp (RAMIREZ-ESPINAS, C , BERJA, M S DEL ROSARIO, D C and MATANABE I (36))
- 1 9 6 **Lámina de Agua** La óptima es de 5 a 10 centímetros pues es mucha una lámina de 20 cm en tanques (SINGH, P K (40))
- 1 9 7 **Concentración de sales en el medio** Se reporta que *Azolla pinnata* se desarrollo bien en medios con concentraciones de sales con 160-380 miligramos por litro (LUMPKIN T A and PLUCKNETT D L (24))
- 1 9 8 **Vientos** *Azolla* sp es susceptible a vientos fuertes por lo que es necesario protegerla con barreras rompevientos (LUMPKIN T A and PLUCKNETT D L (24)) ya que estos amontonan *Azolla* sp sobre una determinada parte de la superficie del agua, lo que se puede evitar construyendo vallados o sembrándolo asociada con arroz (VAN HOVE C DIARA, H F , GODARD P (46)) También se usan barreras vivas construidas con hileras de plantas flotantes acuaticas tales como *Alternanthera y Eichhornia*, las cuales son amarradas a la base o a estacas sobre la orilla (LUMPKIN T A (22))

## 1 10 MORFOLOGIA

El nombre del helecho *Azolla* proviene de dos palabras griegas que significan "muerte por sequias" (CLAVIJO J A (9)), por lo cual se define el medio en el cual vive. La *Azolla* sp se le puede

encontrar flotando sobre la superficie del agua en forma individual o agrupadas y cuando cubre las superficies del agua completamente dan la apariencia de un tapiz verde o pardo-rojizo, el follaje de una planta individual varia según la especie pero en general poseen un diametro entre 1 y 2.5 cm (MUNEVAR, M F (28))

En las cavidades del lobulo de los frondes se encuentran el sim**bio**nte heterocistico el alga verde-azulada *Anabaena azolla* (ASHTON, P J y WALMSLEY, R D (2), BECKING J H (4)) Se ha establecido que en *Azolla caroliniana* el alga contiene del 7.5 al 15% de la clorofila total de la asociacion (ASHTON P J y WALMSLEY R D (2))

La planta consta de ramas y raices simples que cuelgan dentro del agua (FAO (10), MOORE A W (27)) Las raices pueden variar entre una longitud de 1,5 a 10 cm y cuando la lámina de agua es de poco espesor las raices pueden penetrar en el suelo (MUNEVAR, M F (28)) el sistema radical es verdadero y se origina entre los nudos tallo mas o menos compacto reptante de ramificacion dicotomica o pinnada, hojas casi sesiles de contorno globoso espatulado distribuidas alternadamente en dos hileras a lo largo del tallo laminas bilobuladas uno de los lobulos inmerso, indumento (MAYRA, B y MONTIEL L (25))

Esporocarpos de dos clases localizados en las axilas de las hojas, los megasporocarpos son pequeños ovoides y contienen un macrosporangio con una sola macrospora funcional que mide de 0.30-0.35 mm de largo y 0.13-0.14 mm de ancho y los microsporocarpos que son mas pequeños, globosos o globoso-ovoides con varios microsporangios los cuales contienen microsporas (BECKING, J H (4), MURILLO, M T (31))

Algunos investigadores han informado que el alga mantiene vinculo en el helecho asociandose tanto con los microsporangios como con los macrosporangios y otros afirman que solo mantiene unión con el macrosporangio (ASHTON P J y WALMSLEY, R D (2)), pelos pluricelulares o ausentes nervaduras con retículo irregular estructura repro -

ductivas que son los soros en pares, subtenidos por el lobulo inverso de las hojas (MAYRA, B y MONTIEL, L (25))

## 1 11 FISILOGIA Y CRECIMIENTO DE *Azolla* sp

Es muy limitada la informacion que hasta el momento se tiene sobre el proceso de vida y factores ambientales, los cuales inciden sobre la simbiosis de *Azolla anabaena*. Aun son muchos los interrogantes que quedan sin respuesta con relacion al metabolismo y la combinacion de los factores ambientales que inciden sobre el sistema (LUMPKIN T A and PLUCKNETT, D L (24))

Las investigaciones muestran que el helecho *Azolla* sp es capaz de asimilar el nitrogeno atmosferico debido a la presencia del alga verde-azul en las hojas del helecho (SUBUDHI, B P R and SINGH, P K (41))

Se ha conocido que las células de *Anabaena azolla* en las cavidades foliares presentan un crecimiento de diferenciación paralelo al que le ocurre al helecho. Las células son pequeñas y no fijan nitrógeno, posteriormente éstas celulas se dividen formando heterocistos los cuales fijan el nitrogeno atmosférico (HILL, D J (15))

El mecanismo de fijacion de nitrógeno por la *Azolla* sp es el siguiente del medio ambiente es tomado el nitrogeno por la planta, que luego es llevado a los heterocystos donde la fijacion de nitrogeno es un proceso catalizado por el complejo enzimático nitrogenasa, la nitrogenasa es extremadamente sensible al oxigeno ya que causa rápidamente su inactivacion (VAN, HOVE C DIARA, H F, GODAPD P (46)) Por otra parte *Anabaena azolla* es un organismo fotosintetico que libera oxigeno como producto de la fotosintesis de lo cual se deduce que no podia ocurrir fijacion de nitrogeno y fotosintesis en la misma celula. Estudios fisiologicos realizados han demostrado que las células vegetativas llevan a cabo todo el proceso fotosinte-

tico y los productos se traslocan de las células vegetativas hasta los heterocystos para servir como fuentes energéticas para el proceso de fijación de nitrógeno. Este mecanismo de especialización fisiológica permite al alga llevar a cabo el proceso de fotosíntesis sin destruir el sistema enzimático de la nitrogenasa (PETERS, G A R E , TOIA, J R and LOUGH, S M (34))

Los heterocystos proveen nitrógeno a las células vegetativas del alga y al helecho, mientras que el resto es exudado al medio (PETERS G A R E , TOIA J R and LOUGH, S M (34))

También se ha demostrado en forma directa la capacidad de fijación de nitrógeno por la asociación y por el alga aislada mediante la técnica de reducción de acetileno. La prueba se basa en la capacidad del complejo enzimático que fija el nitrógeno para reducir el acetileno ( $C_2H_2$ ) a etileno ( $C_2H_4$ ) incluso en presencia de  $N_2$ . El ritmo de reducción de acetileno es directamente proporcional al ritmo de fijación de  $N_2$  de acuerdo a la producción de  $H_2$  y está controlado por los mismos factores fisiológicos y ambientales. Esto se puede expresar mediante la siguiente ecuación

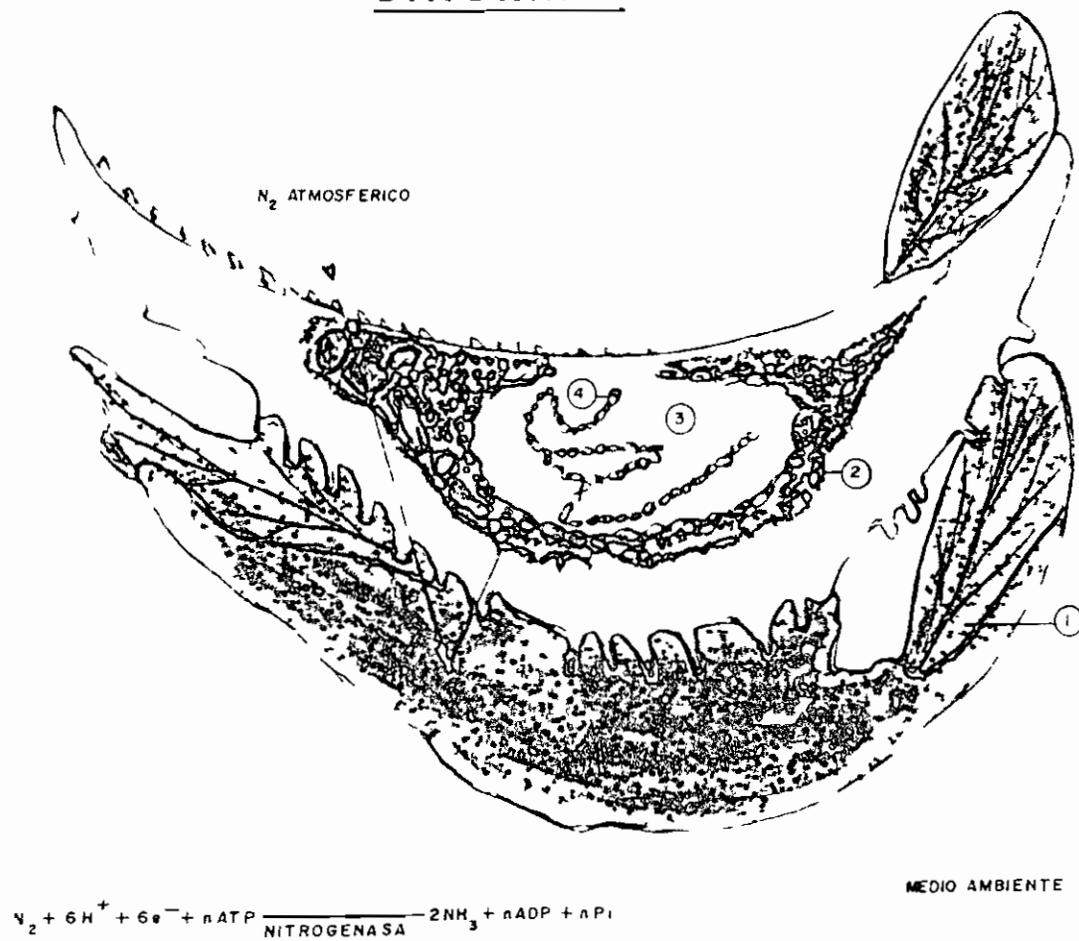
$$\frac{\text{Moles de } C_2H_4 \text{ Producido}}{3 \text{ moles de } N_2 \text{ fijado} + \text{ moles de } H_2 \text{ liberado}}$$

Tanto la asociación como el alga aislada son capaces de reducir el acetileno, mientras que no puede hacerlo el helecho libre del alga, ni tampoco puede mantener el crecimiento en un medio libre de  $N_2$  (PETERS, G A R E , TOIA, J R and LOUGH, S M (34))

En estudio de microscopía fluorescente se determinó que los heterocystos maduros no fluorescen mientras que los heterocystos de la *Anabaena azolla* micromanipulada de las cavidades de las hojas sí fluorescieron, lo que indica que la calidad de la fluorescencia y el nivel de esta depende de la edad de las hojas de donde se obtuvo el

FIGURA N. 1 - MECANISMO DE FIJACION DE NITROGENO POR AZOLLA SP

DIAGRAMA



FUENTE Azolla en Afrique de L Ouest in West Africa

CONVENCIONES

- PRODUCTOS ACUMULADOS
- PRODUCTOS EXPULSADOS
- NITROGENO ATMOSFERICO (2)
- 1 - HOJA DE AZOLLA (vista de arriba)
- 2 - CELULAS DE AZOLLA
- 3 - CAVIDAD CONTENIENDO EL ALGA
- 4 - ALGAS

alga (AZROLAN, N I FISHER, R W and GATES J E (3))

En lo pertinente a crecimiento para su estudio generalmente se utilizan los pozos naturales piscinas de propagacion campos abiertos y los invernaderos. La *Azolla* sp crece a partir de una asexual o vegetativa. Esta forma de propagacion es la mas usada. *Azolla* sp como cualquier otro cultivo requiere contenidos nutricionales adecuados (RAMIREZ-ESPINAS C BERJA N S, DEL ROSARIO, D C and WATANABE, I (36)), Macronutrientes como fosforo nitrógeno potasio, calcio, magnesio son especialmente importantes y producen marcados efectos sobre el crecimiento del helecho, si están presentes en concentraciones demasiado elevadas o muy bajas, dado que la fijacion de nitrógeno por el simbionte desempeña un papel dominante en la regulacion del crecimiento del helecho. Los micronutrientes como el hierro, cobalto, molibdeno, son esenciales para el proceso de fijación de nitrógeno (ASHTON, P J y WALMSLEY, R D (2), MOORE, A W (27)), y el elemento mas limitante para su crecimiento es el fósforo (IRRI (18), WATANABE, I, ESPINAS, C R, BERJA, N S and ALIMANGO, B V (48)). A pH altos las plantas de *Azolla* sp presentan un amarillamiento (Clorosis) debido a la deficiencia por hierro (WATANABE, I, ESPINAS, C R, BERJA N S and ALIMANGO B V (48)).

El cobalto ha demostrado ser un elemento esencial para el crecimiento de *Azolla*, *Uluculoides* y la *Anabaena azolla*, en ausencia de nitrógeno fijado. adiciones de 0.01 mg/L de cobalto dá como resultado un incremento en la produccion. Los requerimientos del cobalto estan asociados con el crecimiento de *Anabaena azolla* (JOHNSON C V, MAYEUX P A and EVANS H J (19)).

Los estudios señalan que se puede realizar fertilizaciones optimas con 0.625 Kg de  $P_2O_5$ /Ha cada dos dias o con 1.25 Kg/ $P_2O_5$ /Ha cada cuatro dias (RAMIREZ-ESPINAS C BERJA N S, DEL ROSARIO D C and WATANABE I (36)).

Se determino en otro experimento probando varias razas de *Azolla* sp y se obtuvo que la tasa de crecimiento relativo durante la primera semana es mayor en todas las *Azollas* sp a los 33 grados centigrados que a 22 grados centigrados, y el mayor valor de crecimiento fue de 1,9 dias, para doblar el peso fresco en temperaturas de 8-33°C. A mayor temperatura disminuye el crecimiento (BERJA, N S and WATANABE, I (5))

En un experimento con cuatro especies de *Azolla* sp a diferentes temperaturas, la curva de crecimiento fue rapidamente aumentando en las dos primeras semanas y luego fue decayendo drasticamente. Asociando el crecimiento y la acumulacion de nitrogeno total se concluyo que la tolerancia a temperaturas altas es la siguiente

*A. pinnata* > *A. mexicana* > *A. caroliniana* > *A. filiculoides*

(BERJA, N S and WATANABE, I (5))

El maximo de biomasa fue a los 22 C que a los 33°C en todas las razas de *Azolla* sp y se obtuvo la maxima a los 30 y 50 dias con un valor de 10 gr de  $N_2m^2$  0.320 gr de materia seca por metro<sup>2</sup> (BERJA, N S and WATANABE, I (5), BERJA, N S and WATANABE, I, BERJA, N S, ESPINAS, C R and SUBUDHI, N P R (47))

Bajo condiciones de laboratorio se obtuvieron valores de crecimiento relativo de 0.355-0.390 gr por dia. En otro experimento se lograron indices de crecimiento relativo de 0.245-0.277 gr por dia (TALLEY, S N and RAINS, D W (43))

Segun varios reportajes de *Azolla* sp muestran que la tasa diaria del incremento de peso fresco en condiciones favorables es de una tonelada por hectarea (HILL, D J (15)). El crecimiento de *Azolla* sp es mayor en cultivos de arroz jóvenes y declina luego por el sombreado del arroz (WATANABE, I, BERJA, N S, ESPINAS, C R

and SUBUDHI, B P R (47))

En experimento de campo la *Azolla* sp progresa sobre una lamina de agua de 5-8 cm fertilizandosele con superfosfatos y protegiendola contra daños de insectos mediante aplicaciones de carbofurán (RAMIREZ-ESPINAS, C , BERJA, N S , DEL ROSARIO, D C and WATANABE, I (36))

Existen en las cavidades foliares del helecho unas estructuras llamadas heterocistos los cuales son los responsables de realizar la fijacion de nitrógeno Este proceso a su vez, se realiza en forma analoga al crecimiento del helecho, éste es una hoja joven fija menor cantidad de nitrógeno que una totalmente madura, pero los valores de fijacion de nitrógeno, declinan a medida que la hoja envejece (MUNEVAR, M F (28))

El alga *Anabaena azollae* esta presente como simbiote en todos los estados de desarrollo de los frondes de *Azolla* sp y esta restringida a las cavidades encontradas en el lobulo dorsal de la hoja Los heterocistos frecuentemente estan entre 9,8 a 25% de la segunda hoja a la decima hoja desde el apice, pero cuando la planta crece en suelos de diferentes pH En hojas viejas los heterocistos se encuentran hasta en un 45% (SINGH, P K (40))

El total de nitrógeno producido por *Azolla* sp bajo condiciones especiales es de 6,5% de su peso seco pero se asume un contenido de 3,5% en condiciones naturales Por otra parte, el contenido de nitrógeno producido por la *Azolla* se ve influenciada por la temperatura reportandose que a 5°C *Azolla* sp contenia 1,75% de nitrógeno de su peso y 84% de agua y que a 40°C contenia 2,5% de nitrógeno del total de su peso seco y 90% de agua (LUMPKIN, T A and PLUCKNETT D L (24)) Se reporta una rata de fijacion de nitrógeno de 7,5 mg/dia por gramos de peso seco (SINGH, P K (40))

En experimentos efectuados por el IPRI observando 22 cultivos

de *Azolla sp* lograron determinar que la planta fija en 335 días una cantidad de 465 kg/Ha, lo cual representa una aplicación de 1,4 kg de  $N_2$ /Ha comparable a lo aprobado por leguminosas forrajeras (IRRI (17)) Se dice que la relación simbiótica entre el alga verde-azul *Anabaena azolla* y *Azolla sp* en suelos inundados puede fijar como mucho 3 Kg de  $N_2$  atmosférico por Ha/día (SWAMINATHAN, M S (42))

*Azolla sp* tiene el potencial de abastecer o suplir el nitrógeno total que se requiere para producir altas cosechas de arroz, ya que puede acumular más de 10 kg de nitrógeno/Ha/día (25 toneladas/Ha por 6% de materia seca por 4  $N_2$  por RGR 0,17 ton/ton/día (LUMPKIN, T A (21))

## 1 12 FORMAS DE CULTIVO DE *Azolla sp*

Las formas de cultivo para *Azolla sp* son

1 12 1 **Camas de mantenimiento** Se construyen para mantener el helecho vivo durante todo el año (LUMPKIN, T A and PLUCKNETT, D L (24))

1 12 2 **Camas de multiplicación** Se construyen para producir plantas de *Azolla sp* en suficiente cantidad para inocular en los campos de producción de arroz en el momento oportuno (LUMPKIN T A and PLUCKNETT D L (24))

## 1 13 PROPAGACION

La propagación puede ser

1 13 1 **Sexual** Puede producir mediante esporocarpos pero hasta el momento no se sabe mucho Algunos estudios realizados indica que al parecer está determinada

por características hereditarias y el medio ambiente (WATANABE, I, BERJA, N S, ESPINAS, C R and SUBUDHI B P R (47))

- 1 13 2 **Asexual** Vegetativamente se propaga en camas de crecimiento lo cual se hace a gran escala (LUMPKIN, T A and PLUCKNETT, D L (24))

#### 1 14 PROBLEMAS FITOSANITARIOS

Como toda especie vegetal *Azolla* sp es susceptible a problemas fitosanitarios tales como

- 1 14 1 **Malezas** Son problemas las plantas flotantes y algas sumergibles, que deben ser removidas con cierta frecuencia (LUMPKIN T A and PLUCKNETT, D L (24))
- 1 14 2 **Plagas** Se han reportado plagas como *Nymphula turbeta*, *Nymphula swinhoei*, *Purcellia* sp, *Polypedium japonense* (Huber), *Craotopus* sp, *Tendipes attenuatus* (Walker), *Tendipes ruscus* (Meigen) escarabajo picudo de la *Azolla* sp (*baquus* sp) Caracoles de la *Azolla* sp (*Radix swinhoer* H Adams) (LIU, C C (20), LUMPKIN T A (22))
- 1 14 3 **Enfermedades** La mayor incidencia es la *Rhizoctonia* sp que ha causado grandes problemas en Asia (LUMPKIN T A and PLUCKNETT D L (24)) *Rimnaea* que causa manchas grises en la superficie de las hojas, su agente causal es el hongo *Damping off*, enfermedad que se presenta a temperaturas elevadas y en plantaciones muy densas (FAO (19), LUMPKIN T A (22))

## 1 15 USOS DE LA *Azolla* sp

La *Azolla* sp puede sembrarse asociado con arroz ubicándola entre surcos, puede cultivarse para ser utilizada como abono verde en maiz (*Zea mays*), en bambu de agua (*Zizania aquatica*), Sagitaria (*Sagittaria sagittifolia*), (LUMPKIN, T A (22)) En Africa es económicamente importante la *Azolla* sp en la estación seca para fertilizar batata (*Ipomea batata*), las cuales se siembran en caballones y la *Azolla* sp se coloca entre los surcos (REYNAUD, P A (38))

En Asia y Africa se emplea en la alimentación de cerdos, peces, aves (pollos y especialmente en patos), en producción de jabon (en Africa), en medicina (en Nueva Zelandia), alimentación humana (en India) (MUNEVAR, M F (28), RAINS, D W and TALLEY, S N (35))

*Azolla caroliniana* se tiene como afrodisiaco (Brasil) tambien a la *Azolla pectinuloides*, se le atribuye el uso de combatir larvas de los Anopheles, Stegomyia va que se dice que no pueden vivir en el agua donde ella vejeta (MURILLO, M T (32))

## 1 16 USO DE *Azolla* sp EN ARROZ (*Oryza sativa* L)

El nitrogeno acumulado por medio de la simbiosis del alga y el helecho es liberado en el interior del suelo siendo disponible para el arroz Tambien ha servido como abono verde para el arroz en China y Vietnam durante años (LUMPKIN T A LI Zhuo-Zhong, ZU Shou-Xian and MAO Mei-Fei (23) SWAMINATHAN, M S (42))

Una capa de *Azolla* sp cubriendo una hectarea de suelo con arroz contiene cerca de 10 ton de materia verde y representa cerca de 25-35 Kq de N<sub>2</sub>/Ha (SINGH P K (40))

En Indonesia se uso *Azolla* sp como abono verde en cultivos de arroz riado, los resultados demostraron que la densidad ideal de

*Azolla* sp por metro cuadrado fue de 400 gramos (BROTONEGOPO S, SUDJADI M, PARTOHARDJONO S, SUKIMAN T, PPIHATINI T and HENDRIKS V (6))

En Norte America *Azolla* sp ha servido como control de malezas en campos de arroz ya que en ellos se inoculo *Azolla mexicana* y el crecimiento de *Cyperus difformis* disminuyo a medida que la *Azolla mexicana* cubrio la superficie del agua. Tambien un cubrimiento temprano con *Azolla pinnatifida* elimino a *Cyperus difformis* y *Polygonum*. La *Azolla heliophila* aparecio para ahogar las anteriores malezas y previno que emergieran del agua, pero no controlo *Echinochloa crus-galli* (RAINS D W and TALLEY S N (35))

## 1.17 METODOS Y TECNICAS DE USO DE *Azolla* sp

Los metodos de incorporacion de *Azolla* en el suelo incluyen

1.17.1 **Métodos manuales** Es la incorporacion manual o con instrumentos agricolas (LIII C C (20) LUIPKIN T A (22))

1.17.2 **Metodos químicos** Es la incorporacion de la *Azolla* sp con quimicos (2 urea), 2,5 amonio liquido u otros herbicidas (LIII C C (20))

1.17.3 **Metodos naturales** Consiste en dar tiempo a la *Azolla* sp para que se descomponga naturalmente (LIII C C (20))

## 1.18 DESCOMPOSICION DE *Azolla* sp

*Azolla* sp se descompone rapidamente en el suelo liberando del 56'-80% de su nitrogeno como amonio de 3-6 semanas respectivamente (SINGH, P K (40))

## 1 19 PRINCIPALES PROBLEMAS PARA ESTUDIOS EN EL FUTURO SOBRE *Azolla* sp

Se estiman los siguientes: propagación de *Azolla* sp por esporas, cultivo de *Azolla* sp por más del año, producción industrial de *Azolla* sp, grado de fertilización de *Azolla* sp (LIU, C C (20))

## 2 HIPOTESIS

Se espera en condiciones de los Llanos un comportamiento favorable de *Azolla* sp que permita utilizarla como biofertilizante ya sea como abono verde o como cultivo asociado.

De acuerdo a la revisión bibliográfica se espera que la cantidad de nitrógeno aportado por *Azolla* sp sea aproximadamente unos 40 Kg/Ha y que a los cuarenta días de inoculada *Azolla* sp haya aumentado su área de cubrimiento en cuatro veces.

## 3 MATERIALES Y METODOS

### 3 1 EXPERIMENTO N° 1

Estudios de crecimiento de *Azolla filiculoides*

**Localización** El estudio se realizó en el Centro Regional de Investigaciones La Libertad del ICA, ubicado a 22

kilometros al este de la ciudad de Villavicencio a litud 336 m s n m , con una humedad relativa del 78, temperatura promedio de 28 C y una precipitacion promedio mensual de 238 3 mm

**3 1 2 Metodología** Para estudiar el crecimiento de *Azolla sp* en condiciones controladas se efectuaron tres experimentos, teniendo en cuenta como unica variacion la intensidad luminica, con el objeto de ver su efecto sobre la acumulacion de materia seca y la fijacion de nitrógeno por *Azolla sp*. En la Tabla 1 se presentan detalles de este experimento

El experimento se ubico en una piscina de 20 m de largo y 1 5 m de ancho y 0 35 m de profundidad, para evitar filtraciones de agua se empleo polietileno (plastico comercial) para cubrir el piso y las paredes laterales de la piscina tal como lo apreciamos en la figura dos. La lamina de agua fue de 0,20 m como unidades experimentales, se emplearon cuadros de madera de 0,4 metros de ancho por 0 4 metros de largo y 0 1 metro de altura. Cada repeticion consto de nueve unidades experimentales. El diseño utilizado para este experimento fue el completamente al azar y para cada tratamiento se utilizaron tres repeticiones. El tamaño de las unidades experimentales, tratamientos y otras características se reportan en la figura 3.

Al iniciar los tratamientos mencionados cada una de las unidades experimentales fueron inoculadas con 0 07 gr de *Azolla sp* verde con el proposito de partir de cantidades constantes de material y así tener punto de referencia al iniciar la evaluacion de peso

verde en los diferentes tratamientos y épocas de muestreo. Para determinar los parámetros de área de cubrimiento, biomasa verde, biomasa seca y porcentaje de nitrógeno de *Azolla* sp. se programaron 9 muestreos a intervalos de siete días de la inoculación del helecho. La forma como se distribuyeron los tratamientos y la aleatorización de épocas de muestreos se presentan en la figura 3.

Para evaluar el área de cubrimiento se procedió a colocar las plantas de *Azolla* sobre una hoja de papel milimetrado, determinando así el área cubierta por la planta en cada muestreo. Luego se pesó el material verde (el mismo día de su cosecha) y a continuación fue puesto en la mufla a 50°C durante 24 horas en el laboratorio de microbiología de Unillanos para así obtener la biomasa seca a la que finalmente se le determinó el porcentaje de nitrógeno en el laboratorio de suelos del Centro Nacional de Investigaciones Tibairata.

Muestras de *Azolla pliculoides* recolectadas en la Laguna de la Finca Maraure (localidad de Pachaquiró) fueron enviadas al Instituto de Ciencias Naturales (Universidad Nacional de Colombia, Bogotá) para la respectiva clasificación taxonómica.

Para observar la morfología interna del complejo simbiótico *Azolla-Anabaena* se efectuaron cortes con el fin de estudiarlos en el microscopio electrónico y óptico (con luz de contraste y fluorescente) del Centro de Equipos Interfacultades (Universidad Nacional de Colombia, Bogotá).

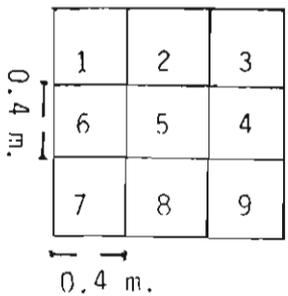
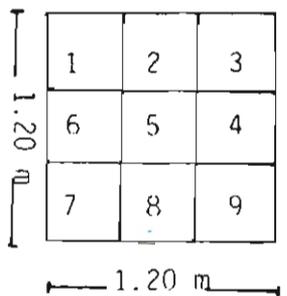
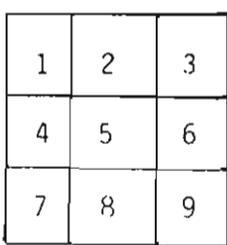
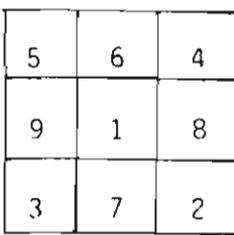
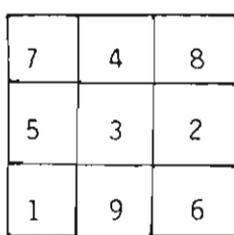
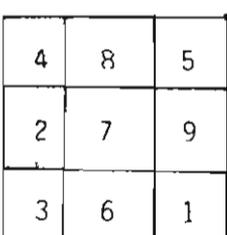
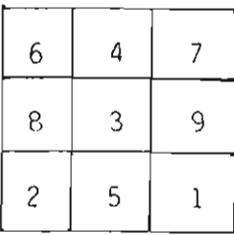
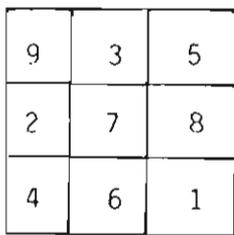
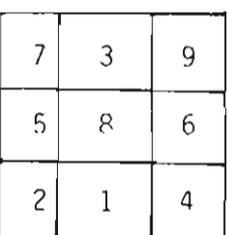


FIGURA N° 2. SITIO DONDE SE DESARROLLO EL EXPERIMENTO SOBRE  
CRECIMIENTO DE *Azolla filiculoides*.

TABLA N° 1. DISEÑOS Y TAMAÑOS DE UNIDADES EXPERIMENTALES UTILIZADAS EN LOS ESTUDIOS DE CRECIMIENTO DE *Azolla sp.*

DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO	DISEÑO	N° DE REPETICIONES	DESCRIPCION TAMAÑO CADA UNIDAD EXPERIMENTAL MTS.	TOTAL DE UNIDADES EXPERIMENTALES COSECHADAS EN CADA MUESTRA	TOTAL UNIDADES EXPERIMENTALES COSECHADAS
TRATAMIENTO 1. Se empleó como cubrimiento polietileno.	Completamente al azar	3	0.40 largox0.40 ancho. Marco madera 0.40 x 0.40	3	27
TRATAMIENTO 2. Se empleó como cubrimiento empaque de fique	Completamente al azar.	3	0.40 largox0.40 ancho. Marco madera 0.40 x 0.40	3	27
TRATAMIENTO 3. Sin ningún cubrimiento.	Completamente al azar.	3	0.40 largox0.40 ancho. Marco madera 0.40 x 0.40	3	27
TOTAL				9	81

FIGURA N° 3. DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES EN LOS TRES TIPOS DE TRATAMIENTO EN EL TRABAJO DE CRECIMIENTO DE *Azolla* sp. LA LIBERTAD 1984-A.

Experimento Repetición	1 CUBRIMIENTO CON POLIE TILENO	2 CUBRIMIENTO CON EMPA- QUES DE FIQUE (RALOS)	3 PLENA EXPOSICION SO- LAR
1			
2			
3			

\* El número que aparece en el interior de cada casilla se refiere a la época de muestreo

Del agua utilizada como fuente para el llenado de la piscina, de donde se recolectaron las muestras de *Azolla filiculoides* (Laguna, Finca Maraure: Pacha - quiaro) y de un canal de la Sabana de Bogotá (con *Azolla* sp.), se tomaron muestras de agua con el fin de conocer sus calidades desde el punto de vista físico-químico (Anexo 2). Con el fin de conocer los contenidos de nitrógeno y amoníaco presentes en el agua de los tratamientos con cubrimiento de polietileno (plástico negro comercial) y empaques ralos (costales), se tomó una muestra de agua a los 45 días, cuyos resultados se reportan en el Anexo 3.

Muestras de *Azolla* con base en su biomasa seca, fueron enviadas al laboratorio de nutrición animal y de suelos del Centro de Investigaciones de Tibaitatá (Bogotá) con el fin de determinar su análisis bromatológico (Tabla N° 12).

La información sobre temperaturas media, precipitación mensual, brillo solar máximo, media y total; se tomó de la Estación Climatológica del HIMAT, ubicada en el CRI La Libertad (Anexo 2). En cada tratamiento se hicieron lecturas diarias sobre temperatura del agua a las 8, 10, 12 y 2 p.m. (Anexo 5).

- 3.1.3. **Parámetros medidos:** A intervalos de 7 días después de la inoculación del simbiote *Azolla* se determinó área de cubrimiento, biomasa verde, biomasa seca y porcentaje de nitrógeno.
- 3.1.4. **Análisis estadístico:** Para cada uno de los parámetros estudiados, se efectuaron: análisis de varianza, coeficientes de variación, pruebas de tukey, estu-

dios de regresión y correlación para: época y área de cubrimiento (polietileno), época y área de cubrimiento (empaques ralos), época y área de cubrimiento (libre exposición); época y biomasa verde (polietileno); época y biomasa verde (empaques ralos); época y biomasa verde (libre exposición); época y biomasa seca (polietileno); época y biomasa seca (empaques ralos); época y biomasa seca (libre exposición); época y porcentaje de nitrógeno (polietileno), época y porcentaje de nitrógeno (empaques ralos), época y porcentaje de nitrógeno (libre exposición). Finalmente, se calcularon modelos estadísticos de regresión para: época y área de cubrimiento, época y biomasa verde, época y biomasa seca, época y porcentaje de nitrógeno.

### 3.2.a. Experimento 2.

*Azolla sp.* como abono verde en el ecosistema de Arroz de Secano.

### 3.2.b. Experimento 3.

*Azolla sp.* como cultivo asociado en el ecosistema de Arroz de Riego.

3.2.1. **Localización:** El estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de los Llanos, ubicada a 12 kilómetros al este de la ciudad de Villavicencio, altitud 440 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 26°C y una precipitación mensual de 230 mm.

3.2.2. **Metodología:** Para estudiar los efectos sobre producción

de arroz, cuando se utilizó *Azolla sp.* como abono verde o como asocio se efectuaron los experimentos arriba mencionados, en los cuales las variaciones fueron: el ecosistema de arroz y la forma de suministrar la *Azolla sp.*

En la Tabla 2 se reportan algunas características de los diseños utilizados en los trabajos efectuados en los ecosistemas de arroz de secano y de riego; y en la Tabla 3 se esbosan los tratamientos realizados.

Para obtener el material necesario para los experimentos de invernadero, se utilizó una piscina de 20 metros de largo, 1,5 metros de ancho y 0,35 metros de profundidad. Para evitar filtraciones de agua, se empleó polietileno para cubrir el piso y las paredes laterales. La lámina de agua fué de 0,2 metros. Esta piscina se cubrió con polietileno, como medio para suministrar sombra a la *Azolla filiculoides* (Figura 4).

En el arroz de secano *Azolla filiculoides*, se incorporó 10 días antes de la siembra (Figura 5). En arroz de riego a los 15 días después de germinado, se asocio *Azolla filiculoides*, con el cultivo (Figura 6).

La variedad de arroz utilizada tanto en secano como en riego, fué Orizica II, cuyas características se reportan a continuación (MUNOZ, B.D. y GARCIA, Q.E. (30)).

- Vuelco..... Muy resistente
- Altura..... 93 centímetros
- Macollamiento..... 3 - 6,5
- Longitud de la panícula..... 20-36 centímetros
- Peso de 1.000 semillas..... 21-26 gramos
- Período Vegetativo..... 114-143 días
- Período de Reposo..... 6 semanas

Los controles fitosanitarios fueron los recomendados por el Programa de Arroz del Instituto Colombiano Agropecuario.

El suelo utilizado en estos experimentos fué recolectado en las vegas del río Guatiquía (Meta), y sus características físico-químicas aparecen a continuación:

ESPECIFICACION	RESULTADOS
- pH	4.3
- Ppm (Bray II)	33
- Ca meq/100 gr.	1.43
- Mg meq/100 gr.	0.52
- Na meq/100 gr.	0.04
- Al meq/100 gr.	0.9
- K meq/100 gr.	0.13
- CIC meq/100 gr.	3.02
- Textura	F.A.
- Profundidad efectiva	0.20 cms.
- Resultados según el laboratorio de suelos: Unillanos	

**3.2.3. Parámetros medidos:** En los dos ecosistemas al momento de la cosecha, se tomó información sobre el número de macollas por planta, altura de la planta (se midió desde el suelo hasta el ápice de la hoja más alta de

TABLA N° 2. CARACTERISTICAS DE LOS EXPERIMENTOS PARA ESTUDIAR EL EFECTO DE LA *Azolla sp.* EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ. UNILLANOS 1984-B.

ECOSISTEMA	TRATAMIENTO	REPETICIONES/ TRATAMIENTO.	N° MATERAS/ REPETICION.	TOTAL MATERAS /TTO.	AREA DE CADA MATERA M <sup>2</sup>	LAMINA DE AGUA /MATERA (cm)	CANTIDAD DE SUELO/MATE- RA (KILOS)	CANTIDAD DE <i>Azolla</i> APLI- CADA/MATERA (gr. PESO VER- DE)	N° SEMILLAS ARROZ/MATERA
ARROZ SECANO Experimento 2.	Arroz + <i>Azolla sp.</i> 5 ton/Ha.	5	1	8*	0.053	-	8	26	5
	Arroz + Fertilizante	5	1	8	0.053	-	8	-	5
	Arroz sin fertilizante y sin <i>Azolla sp.</i>	5	1	8	0.053	-	8	-	5
ARROZ RIEGO Experimento 3.	Arroz + <i>Azolla sp.</i> 5 ton/Ha.	5	1	8	0.053	0.05	8	26	5
	Arroz + Fertilizante	5	1	8	0.053	0.05	8	-	5
	Arroz sin fertilizante y sin <i>Azolla sp.</i>	5	1	8	0.053	0.05	8	-	5

\*= De las 8 materas sembradas inicialmente, 3 se destinaron para el muestreo destructivo de análisis foliar de Nitrógeno (50 hojas por tratamiento).

TABLA N° 3. CANTIDADES DE *Azolla sp.* Y DE FERTILIZANTES EMPLEADOS EN LOS TRATAMIENTOS DE ARROZ DE RIEGO Y DE SECANO. UNILLANOS 1984-B.

ECOSISTEMA	TRATAMIENTOS	DOSIS DE BIOFERTILIZANTE <i>Azolla sp.</i> TON/HA.	DOSIS DE BIOFERTILIZANTE <i>Azolla sp.</i> POR MATERA.	DOSIS DEL FERTILIZANTE COMERCIAL EN Kg/Ha.	DOSIS DEL FERTILIZANTE COMERCIAL POR MATERA
ARROZ DE SECANO Experimento 2.	Con <i>Azolla sp.</i> incorporada	5	26 gramos/matera	100 (KCl)*	0.53 grs KCl/mat.
	Con fertilizante comercial	-	-	100 (KCl)* 68 (úrea)**	0.53 grs KCl/mat. 0.3604 grs úrea/mat
	Testigo	-	-	-	-
ARROZ DE RIEGO Experimento 3.	Con <i>Azolla sp.</i> asociado	5	26 gramos/matera	133 (KCl)*	0.7049 grs KCl/mat.
	Con fertilizante comercial	-	-	133 (KCl)* 100 (úrea)**	0.7049 grs KCl/mat. 0.53 grs úrea/mat.
	Testigo	-	-	-	-

\* = El KCl se fraccionó en 2 partes, adicionándose la mitad al momento de la siembra y el resto con la segunda aplicación de úrea.

\*\* = La úrea se fraccionó en 3 partes, aplicadas a los 30, 50 y 70 días de germinado el arroz.



FIGURA N° 4. PISCINA PARA LA MULTIPLICACION DE *Azolla filiculoides*; LA CUAL SE UTILIZO EN LOS EXPERIMENTOS DE FERTILIZACION EN LOS ECOSISTEMAS DE ARROZ DE SECANO Y DE RIEGO.



FIGURA N° 5. SE APRECIAN RESIDUOS DE *Azolla* LUEGO DE SU INCORPORACION AL SUELO.



FIGURA N° 6. SE OBSERVA COMO SE DISTRIBUYE LA *Azolla filiculoides* EN CONTORNO DE TODA LA PLANTA DE ARROZ ASOCIADO EN EL EXPERIMENTO.

cada planta), longitud de la panícula (se midió su longitud desde el apice hasta el nudo ciliar), número de granos por panícula (llenos y vanos), número de granos llenos por panícula, número de panículas por planta, peso de mil granos por tratamiento, determinación de materia orgánica en los suelos de cada uno de los tratamientos, (final del experimento). Antes de la floración se tomaron 50 hojas de arroz por tratamiento (las 4 hojas superiores de cada planta), para determinar nitrógeno, método sugerido por el Programa de Arroz del ICA y por (JONES 1972), (HOWELER, R.H. (16)). Finalmente se hizo un análisis bromatológico de *Azolla filiculoides* procedente de la piscina de multiplicación.

- 3.2.4. **Análisis estadístico:** Para cada uno de los parámetros estudiados, tanto para el ecosistema de secano como para el ecosistema de riego, se efectuaron: análisis de varianza, coeficientes de variación, prueba de tukey.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1. EXPERIMENTO N° 1.

Crecimiento de *Azolla filiculoides*

- 4.1.1. **Localización de *Azolla sp.* en el Meta:** Se lograron localizar focos de *Azolla sp.* en una Laguna aledaña a Pachaquiario (Vía a Puerto López) en la Finca Maray

re, que se encuentra a 5 kilómetros de ésta localidad y a una altura de 200 m.s.n.m. (Figura 7). También se encontró *Azolla* sp. en el Municipio de Granada, a una altura de 360 m.s.n.m. y a 106 kilómetros de la ciudad de Villavicencio (Figura 8). Esto pone de manifiesto que en algunos sitios del Piedemonte Llanero, se encuentran poblaciones de *Azolla* sp.

#### 4.1.2. Clasificación y morfología de *Azolla* sp. recolectada en la Laguna (Finca Manaure) localidad de Pachaquiario (Meta):

Antes de comenzar los estudios de crecimiento de *Azolla* sp., algunas muestras de material recolectado, fueron enviadas al Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, donde se reportó que se trata de *Azolla filiculoides*, la cual es una de las especies de *Azolla* sp. que menos nitrógeno acumula según algunos experimentos. (BERJA, N.S. and WATANABE, I. (5)).

Para observar la morfología externa del macrosimbionte *Azolla filiculoides*, se llevaron muestras al Centro de Equipos Interfacultades (CEIF), Universidad Nacional, Bogotá, donde al esteroscopio se notaron las siguientes características: raíz de uno a cinco centímetros de longitud, delgadas, originadas de los nudos; hojas pequeñas, sésiles y de contorno globoso, lóbulo superior flotante y el inferior sumergido, su disposición es de forma imbricada y son de color verde con borde rojizo (Figura 9).

Posteriormente efectuaron cortes al micrótopo y se observó el microscopio óptico así: con el sistema de luz de contraste en un corte longitudinal, se

apreciaron células de la hoja del helecho, denotándose en el centro la cavidad en la cual se aloja el alga *Anabaena azolla* (Figura 10). También aplicando la técnica de Savash mediante este mismo sistema, se observaron los filamentos del microsimbionte *Anabaena azolla*; las células más pequeñas son vegetativas (que son el sitio principal de fotosíntesis del alga) y los heterocistos células de mayor tamaño (que son el sitio de fijación de nitrógeno) (Figura 11).

Con luz fluorescente se observó el filamento del alga *Anabaena azolla*, la cadena de células vegetativas (células más pequeñas) el heterocisto (células de mayor tamaño) (Figura 12).

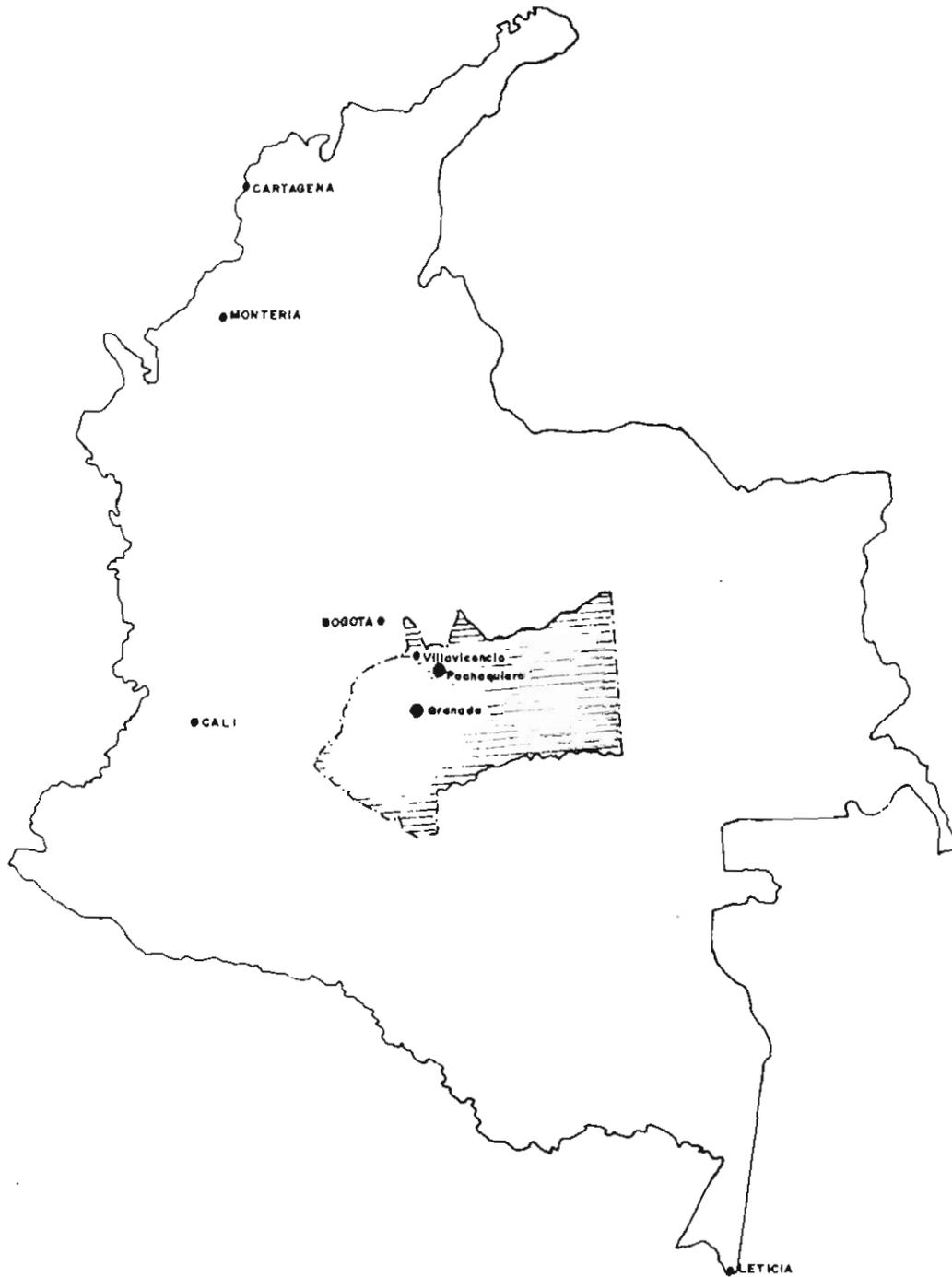
Mediante microscopia electrónica se apreció un heterocisto (Aumentado 32.000 veces) (Figura 13).

- 4.1.3. **Comparación del análisis químico de aguas donde se encuentra *Azolla sp.* y del agua utilizada para el experimento de *Azolla filiculoides*:** Para conocer los contenidos de cationes y aniones, al igual que su pH y conductividad eléctrica, se realizaron análisis químicos de las aguas de Pachaquiario y de un canal de la Sabana de Bogotá donde se encontró *Azolla sp.* para comparar el grado de variación de esas características, con relación al agua que se utilizó en las piscinas de crecimiento. Como existió la posibilidad de utilizar agua lluvia almacenada en un tanque y agua de un río que cruza el CRI La Libertad, también se procedió a realizar el análisis mencionado.



FIGURA N° 7. ASPECTOS DEL ECOSISTEMA DE LA LAGUNA MARAURE (PACHA-  
QUIARO, META), DONDE SE LOCALIZO *Azolla filiculoides*.

FIGURA No. 8 SITIOS DONDE REPORTAMOS Azolla EN EL PIEDEMONTE LLANERO (DEPARTAMENTO DEL META)



\* PARA DEFINIR LOS SITIOS ESPECIFICOS DONDE SE REPORTA LA Azolla, SE PUEDE VER PAGINAS 9 - 10

De los resultados reportados por el laboratorio de suelos del ICA (Tibaitatá), se observa que el agua de mayor acidez correspondió a la utilizada en el experimento de crecimiento, mientras que las aguas lluvias y del río presentaron similar acidez; pero el agua de la Laguna de Pachaquiario y del canal de la Sabana de Bogotá (sitio donde se encontró *Azolla* sp), mostraron menor acidez en este orden. En lo referente al contenido total de cationes y aniones, los valores fueron mayores tanto para el agua de Pachaquiario, como para el agua utilizada en la piscina de crecimiento y fueron más altos. Para el agua del canal de la Sabana de Bogotá; los otros dos tipos de agua (lluvia y del río), presentaron valores inferiores a los de las aguas antes mencionadas. En cuanto a contenidos nutricionales se observa que el agua del canal de la Sabana de Bogotá y de Pachaquiario son mejores que el agua utilizada en la piscina de crecimiento y éstas mejores que las aguas lluvia y del río (Anexo 14).

Se destaca que el área de cubrimiento de *Azolla* sp. era mayor en el canal de la Sabana de Bogotá que en la Laguna de Pachaquiario. De acuerdo a la literatura para la Sabana de Bogotá se reporta la especie de *Azolla filiculoides* y con base en la clasificación del material proveniente de Pachaquiario se trata de la misma especie.

Con el fin de conocer si *Azolla filiculoides* expide nitrógeno al medio acuático, a los sesenta días después de la inoculación se enviaron muestras de agua (al laboratorio de suelos de Tibaitatá), de los tratamientos de sombrero con polietileno y empaques ra-

los. Los resultados obtenidos al comparar análisis de agua (Nitratos y Amonio) sin el complejo simbiótico *Azolla-Anabaena* y los pertenecientes a las aguas de los tratamientos mencionados, se encontró que los contenidos de nitratos eran de 0.34 p.p.m. (cubrimiento con polietileno), para el tratamiento con empaques ralos 1-12 p.p.m. y de 0.05 p.p.m. en el agua sin *Azolla sp.* En lo pertinente a amoniaco 0.98 p.p.m. para el cubrimiento con polietileno; 1-12 p.p.m. para el cubrimiento con empaques ralos y de 0.05 p.p.m. para el agua sin el helecho *Azolla sp.* De acuerdo a éstos resultados el tratamiento que mayor suministró nitratos y amoniaco, fué el correspondiente a empaques ralos (Anexo 3).

- 4.1.4. **Condiciones ambientales en los tres medios donde se inculó el complejo simbiótico *Azolla-Anabaena*:** Para conocer la intensidad de la luz en los tres tratamientos de cubrimiento, se hicieron lecturas fotométricas a las 8, 10, 12 M. y a las 2 p.m.; el fotómetro empleado para éste caso fué un modelo 703-60 tipo 3A-, con una escala de cero a setenta y cinco (0-75) foot-candles. Los resultados indican las siguientes luminosidades promedio para el tratamiento con polietileno 22 foot-candles a las 8 AM, 25 foot-candles a las 10 AM, 54 a las 12 M. y finalmente 49 foot-candles a las 2 p.m. Con cubrimiento de empaques ralos se obtuvo 52 foot-candles a las 8 a.m., 58 a las 10 a.m. a las 12 M la intensidad lumínica fué mayor de 75 foot-candles y finalmente a las 2 p.m. fué de 70. Para el tratamiento sin cubrimiento la intensidad lumínica siempre fué mayor de 75 foot-candles (Tabla 4).

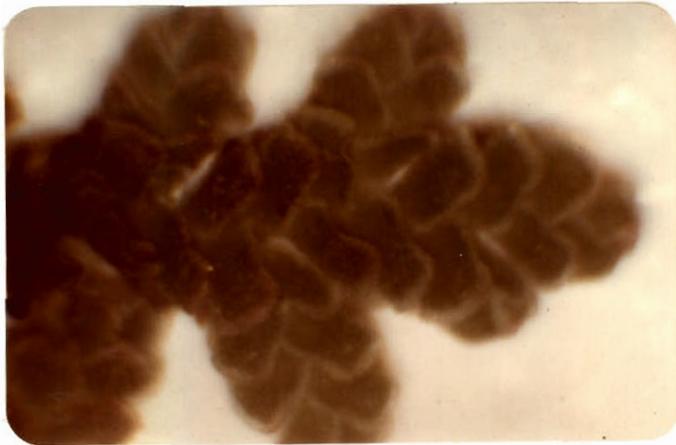


FIGURA N° 9. MORFOLOGIA EXTERNA DE *Azolla filiculoides* VISTA AL ES  
TEROSCOPIO DONDE SE OBSERVAN PRINCIPALMENTE LOS FRON-  
DES.

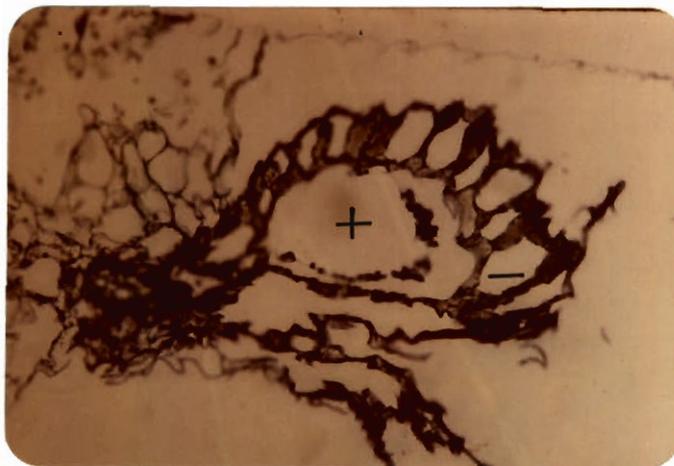


FIGURA N° 10. CORTE LONGITUDINAL DE *Azolla filiculoides* MOSTRANDO  
CELULAS DEL HELECHO (IDENTIFICADAS CON EL SIGNO - )  
Y LA CAVIDAD CENTRAL (IDENTIFICADA CON EL SIGNO + )  
QUE CONTIENE AL ALGA *Anabaena azolla*.

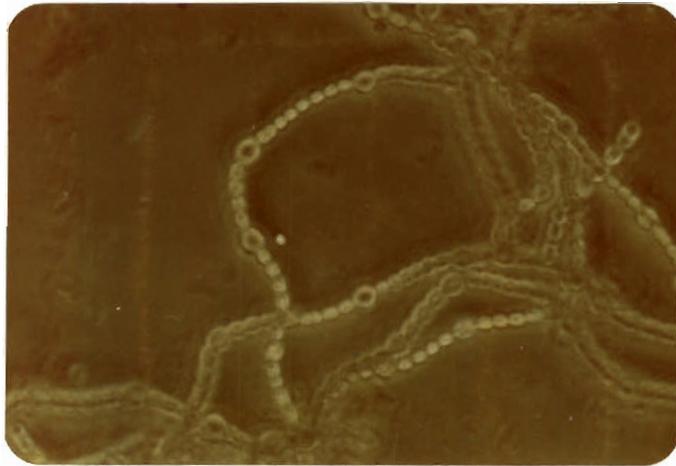


FIGURA N° 11. FILAMENTOS DEL MICROSIMBIONTE *Anabaena azolla* VISTOS CON LUZ DE CONTRASTE. NOTESE LOS HETEROCISTOS (CELULAS DE MAYOR TAMAÑO), ALTERNANDO CON LAS CADENAS DE CELULAS VEGETATIVAS (CELULAS DE MENOR TAMAÑO).



FIGURA N° 12. FILAMENTOS DEL ALGA *Anabaena azolla* VISTOS CON LUZ FLUORESCENTE. NOTESE EN EL CENTRO DE LA FIGURA EL HETEROCISTO (CELULA DE MAYOR TAMAÑO EN EL EXTREMO SUPERIOR DE LA CADENA), SEGUIDO DE UNA CADENA VEGETATIVA HACIA ABAJO.



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS  
HEMEROTECA  
Villavicencio - Meta

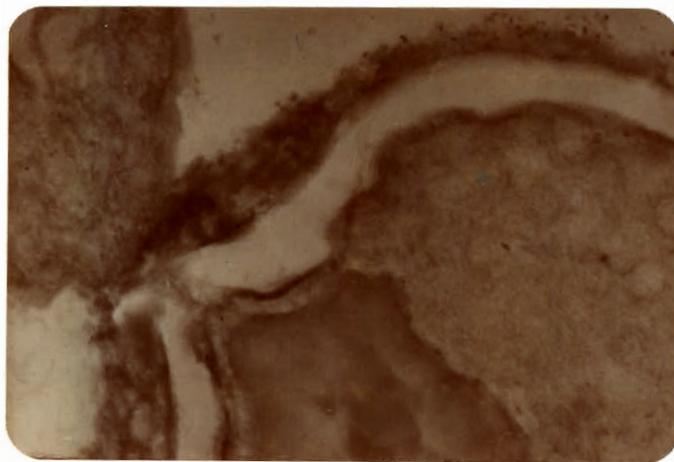


FIGURA N° 13. HETEROCISTO (CELULA RESPONSABLE DE LA FIJACION DE NITROGENO) DE *Anabaena azolla* VISTO AL MICROSCOPIO ELECTRONICO CON UN AUMENTO DE 32.000 X.

En lo pertinente a variaciones de temperatura del agua correspondiente a cada uno de los tratamientos, se encontró que la mayor temperatura promedio ( $30^{\circ}\text{C}$ ) se presentó a las 2 p.m. en el tratamiento a libre exposición y la menor temperatura promedio se obtuvo a las 8 a.m., con  $24,98^{\circ}\text{C}$  bajo sombrero con polietileno y libre exposición (Figura 14).

En el Anexo 5-13 observamos que la mayor temperatura promedio por mes se obtuvo en abril a libre exposición con  $27,68^{\circ}\text{C}$ , los restantes tratamientos no presentan variaciones apreciables.

De acuerdo a estos resultados el mejor medio de sombrero es el de polietileno ya que produce los mayores contenidos de nitrógeno, seguido del cubrimiento con empaques ralos puesto que éste suministra las mayores cantidades de materia seca y mayor área de cubrimiento aunque menor cantidades de nitrógeno respecto del anterior tratamiento. Es decir que cuando dejamos el complejo simbiótico *Azolla-Anabaena* libre exposición, se obtienen efectos de intensidad lumínica y temperaturas, que posiblemente sean la causa de la mala adaptación del complejo.

De la información recolectada en la estación climatológica en el CRI La Libertad (Anexo 4), observamos que los meses en los cuales se realizó el experimento, fueron de alta precipitación y las temperaturas promedios del aire fueron inferiores a la gama de temperaturas obtenidas en el agua de los tres tratamientos.

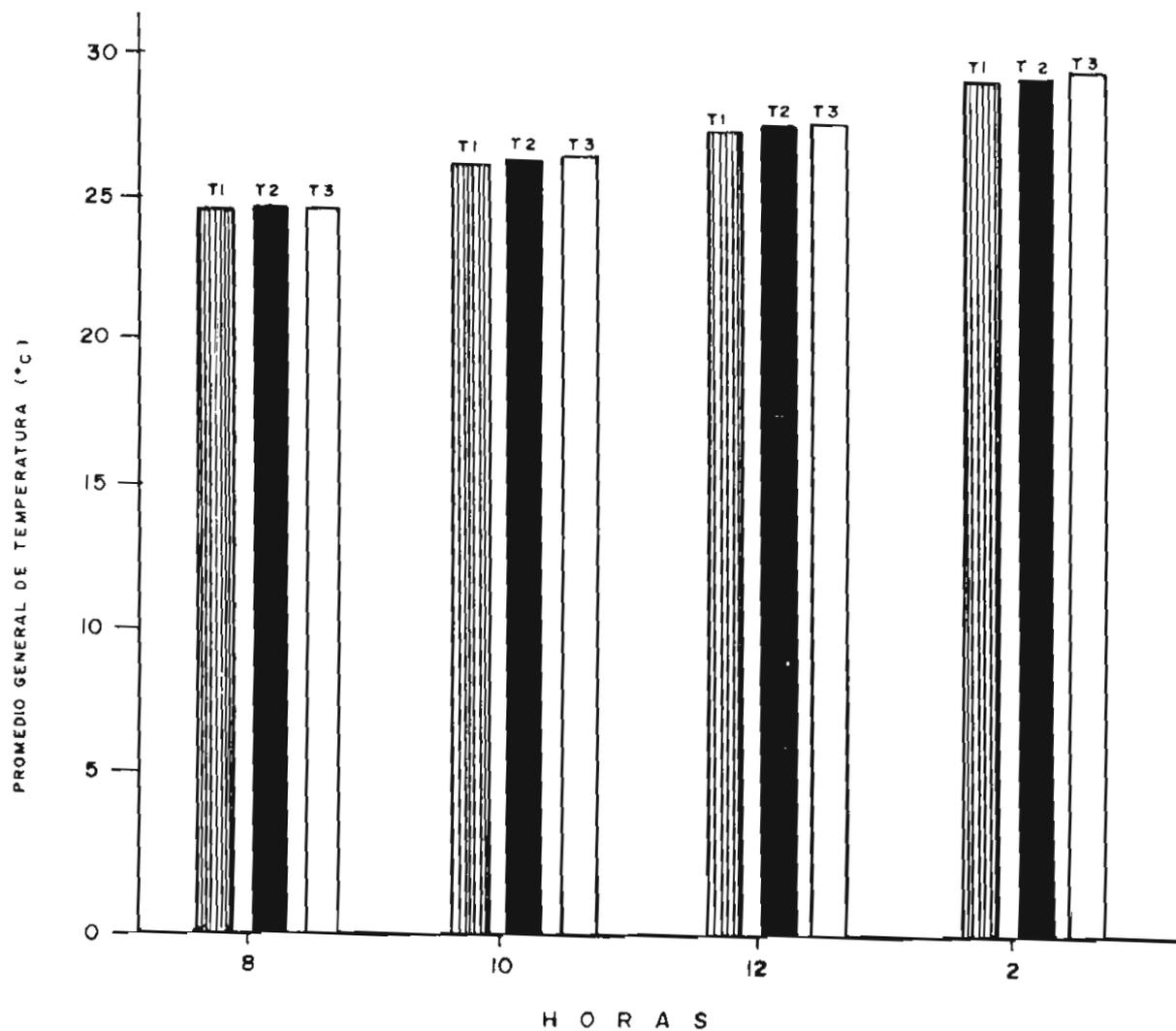
4.1.5. Area de cubrimiento: El mayor cubrimiento de superfi-

cie por el helecho *Azolla filiculoides* se presentó entre los 49 y 63 días de inoculado el complejo simbiótico bajo sombrío de empaques ralos ( $3765,4 \text{ cm}^2$ ), seguido por el cubrimiento alcanzado por *Azolla filiculoides* bajo polietileno ( $2860 \text{ cm}^2$ ) y finalmente el alcanzado por el helecho a libre exposición ( $2371 \text{ cm}^2$ ) (Figura 15). De acuerdo a los análisis de varianza en términos generales, no hay diferencia estadísticas significativas para este parámetro en los tres tipos de cubrimiento; sólo se presentaron diferencias significativas a los catorce días con *Azolla filiculoides*, bajo empaques ralos y *Azolla* bajo polietileno. A los 77 días se presentaron diferencias significativas entre los dos tratamientos antes mencionados (Anexo 17). El coeficiente de variación tiene tendencia a presentar los mayores valores a los 21 días de establecido el experimento, para después tratar de estabilizarse entre los 28 y 49 días. La posible causa de esta desuniforme variación se puede deber a los efectos de viento, lluvia, que ocasionan desplazamientos de las plantas de *Azolla filiculoides*, lo cual puede repercutir en su proceso de crecimiento (entre los 14 y 21 días de edad del complejo simbiótico se reportan los mayores coeficientes de variación), luego el coeficiente de variación presenta un comportamiento similar entre los 28 y 49 días. Ello nos podría indicar que para estas épocas hay mayor cubrimiento del helecho y los efectos de agua lluvia y viento no afectan en igual grado el crecimiento, puesto que para esta época hay mayor superficie de exposición del helecho y por tanto los desplazamientos son menores. También observamos que entre los 63 y 77 días se incrementa nuevamente el coeficiente de variación, lo cual pue

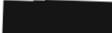
TABLA N° 4. REGISTROS DE INTENSIDAD LUMINICA PROMEDIO OBTENIDOS DURANTE EL EXPERIMENTO DE CRECIMIENTO DE *Azolla filiculoides*.

INTENSIDAD (Foot-candles) BAJO:			
HORA	Sombrio con polietileno	Sombrio con empaques ralos	Libre exposición (sin sombrio)
8 A.M.	22	52	Mayor de 75
10 A.M.	25	58	Mayor de 75
12 A.M.	54	Mayor de 75	Mayor de 75
2 P.M.	49	70	Mayor de 75

FIGURA N.º 14 COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA BAJO LOS TRES TIPOS DE SOMBRIO DURANTE EL EXPERIMENTO DE CRECIMIENTO DEL COMPLEJO SIMBIOTICO *Azolla-Anabaena*.



T1. CUBRIMIENTO CON POLIETILENO 

T2. CUBRIMIENTO CON EMPAQUES RALOS 

T3. SIN CUBRIMIENTO (LIBRE EXPOSICION) 

de ser debido a la alteración del grado de propagación que presenta la *Azolla filiculoides* en cada uno de los tratamientos; es decir que para estas épocas el helecho no tiene la misma capacidad para propagarse. Otras de las posibles causas de este grado de variación en este parámetro, es el posible método utilizado para medir el grado de cubrimiento del simbiente *Azolla filiculoides*.

Para estudiar el grado de asocio entre área de cubrimiento y época de la *Azolla filiculoides*, se probaron varios modelos estadísticos y los que mejor explicaron el comportamiento para cada tratamiento son los que se reportan en la Tabla 5. La representación gráfica de estos modelos indican lo siguiente: que el complejo *Azolla-Anabaena* cubierta con empaques, al comienzo se establece en una forma similar al tratamiento con polietileno, posteriormente supera en cubrimiento a los otros dos tratamientos hasta 56 días, época a partir de la cual comienza a descender notoriamente su grado de cubrimiento. Posiblemente el helecho suspendió su propagación y crecimiento.

El tratamiento con polietileno fué el que presentó una tendencia mayor a continuar aumentando el área de cubrimiento; esta tendencia fué seguida por el tratamiento a libre exposición aunque en menor grado (Figura 15).

- 4.1.6. Biomasa verde:** Las mayores cantidades de biomasa verde se obtuvieron a los 49 días de inoculada *Azolla filiculoides* bajo sombri<sup>o</sup> de empaques ralos, con un total de 232.4 gramos; le siguió *Azolla filiculoides* a libre exposición con 2,5 gramos y finalmente

TABLA N° 5. MODELO DE REGRESION POR TRATAMIENTO POR AREA DE CUBRIMIENTO DE *Azolla filiculoides*.

Mediante el procedimiento Stepwise se relacionaron las variables área de cubrimiento y época. Los modelos de regresión obtenidos fueron los siguientes:

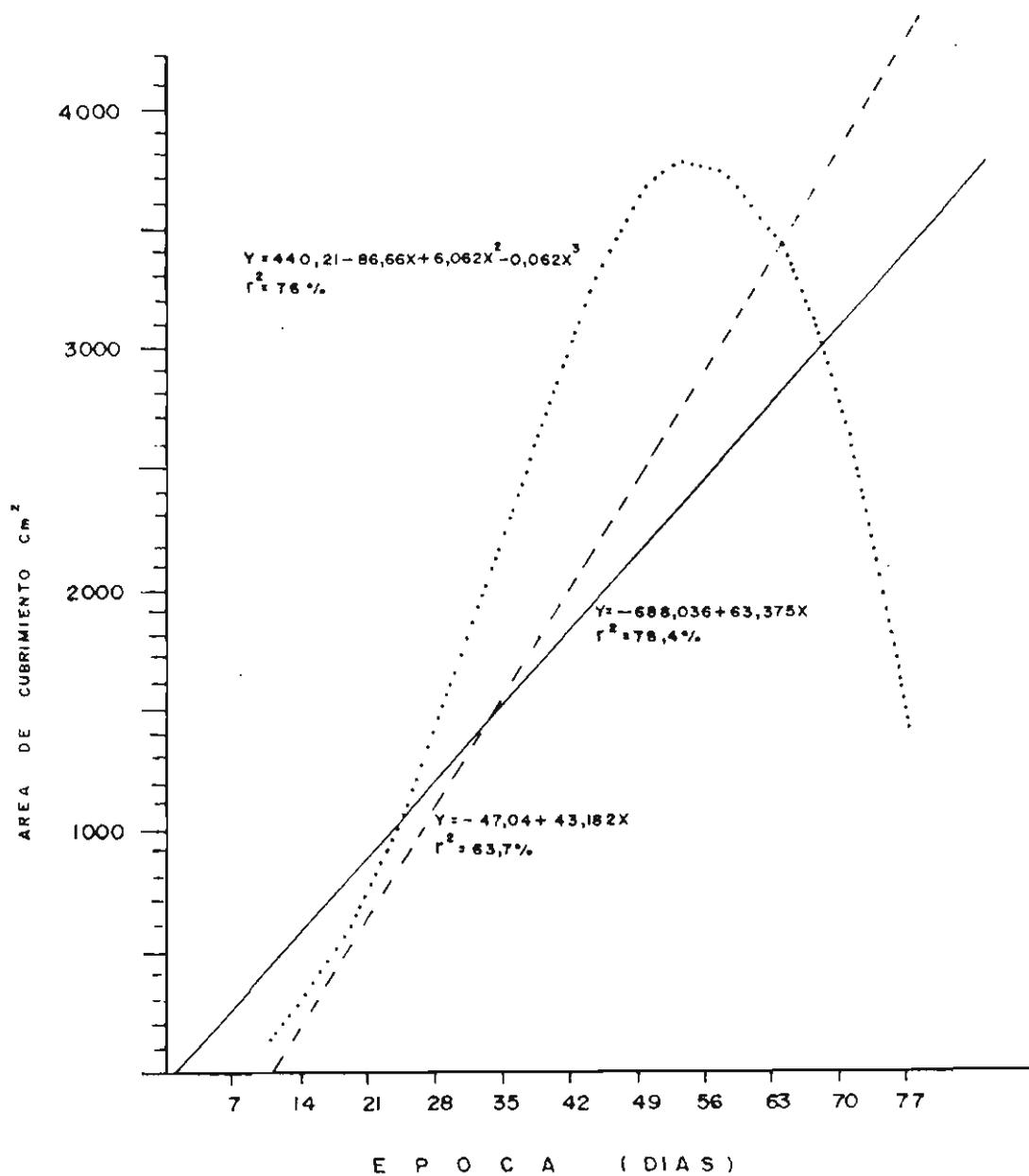
TRATAMIENTO	REGRESION	$r^2$
<i>A. filiculoides</i> bajo polietileno	$Y = -688.0.36 + 63375X$	0.784
<i>A. filiculoides</i> bajo empaques ralos	$Y = -440.21 - 85.66X + 6.06X^2 - 0.062X^3$	0.76
<i>A. filiculoides</i> libre exposición	$Y = -47.04 + 43.182X$	0.637

Donde  $Y$  = área de cubrimiento

$X$  = época

El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fué de 0.784, 0.76, 0.637 respectivamente, lo que quiere decir que la variable independiente explica a la variable dependiente en un 78,4%, 76% y 63,7% respectivamente.

FIGURA N. 15 COMPORTAMIENTO DEL AREA DE CUBRIMIENTO DE *Azolla filiculoides* BAJO TRES TIPOS DE SOMBRIO. LA LIBERTAD 1984 - A -



- 1. TRATAMIENTO: POLIETILENO -----
- 2. TRATAMIENTO EMPAQUES ..... ..
- 3. TRATAMIENTO LIBRE EXPOSICION \_\_\_\_\_

el complejo simbiótico puesto bajo polietileno con 154,3 gramos de biomasa verde.

Los análisis de varianza (Anexo 18), efectuados para este parámetro en los tres tipos de cubrimiento no presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí, a excepción del muestreo efectuado a los 35 días, el cual presentó diferencias estadísticas entre el helecho bajo empaques ralos y el helecho bajo polietileno, mientras que *Azolla filiculoides* bajo empaques ralos y bajo libre exposición no mostraron diferencias estadísticas significativas (Anexo 17).

Los coeficientes de variación en términos generales son altos, lo cual podría explicarse a condiciones ambientales reinantes en el momento del muestreo y el tiempo en que se iniciaron los pesajes después de la cosecha (Anexo 17).

Mediante el procedimiento Stepwise se relacionaron las variables biomasa verde y época obteniéndose los modelos de regresión que se presentan en la Tabla 6.

Los gráficos correspondientes a los modelos de regresión de los tres tratamientos en términos generales, muestran una tendencia similar destacándose el tratamiento con empaques ralos, que a través del tiempo presenta los mayores valores de biomasa verde, seguido por el tratamiento a libre exposición; los valores más bajos de este parámetro se presentan con el macrosimbionte *Azolla* bajo polietileno. La disminución de la biomasa verde de los tres tra

tamientos fué más notoria para el tratamiento de *Azolla filiculoides* bajo empaques ralos (Figura 16).

- 4.1.7. Biomasa seca:** La máxima cantidad de biomasa seca se obtuvo entre los 49 y 63 días de inoculada la *Azolla filiculoides* bajo empaques ralos, con 11 gramos de biomasa seca; le siguió *Azolla* a libre exposición con 8 gramos y finalmente *Azolla* bajo polietileno con 5.4 gramos de biomasa seca.

Los coeficientes de variación son entre los 14 y 28 días, posiblemente debido al grado de adaptación del complejo *Azolla-Anabaena* a las tres condiciones mencionadas; pero entre los 35 y 49 días se observa una disminución de este coeficiente; lo cual puede explicarse que una vez establecidos los materiales comienzan una tendencia ascendente en la acumulación de biomasa seca. A partir de los 63 días empiezan a presentarse valores elevados de este coeficiente y ello puede ser debido, a la forma brusca como comienza a variar la biomasa seca en los tres tratamientos. Púes parece que el simbionte *Azolla filiculoides* cubierta con empaques ralos empieza a morir y da la impresión de que no sigue multiplicándose, mientras que *Azolla* a libre exposición continúa incrementando sus valores de biomasa seca en forma ascendente; comportamiento idéntico lo tiene el complejo *Azolla-Anabaena* cubierto con polietileno, pero con incrementos de biomasa seca más bajos.

Los análisis de varianza para estos tres tratamientos mostraron diferencias estadísticas significativas, para los muestreos efectuados a los 14 y 35

TABLA N° 6. MODELOS DE REGRESION POR TRATAMIENTO PARA BIOMASA VERDE DE *Azolla filiculoides*.

Mediante el procedimiento Stepwise se relacionaron las variables biomasa verde y época. Los modelos de regresión obtenidos fueron los siguientes:

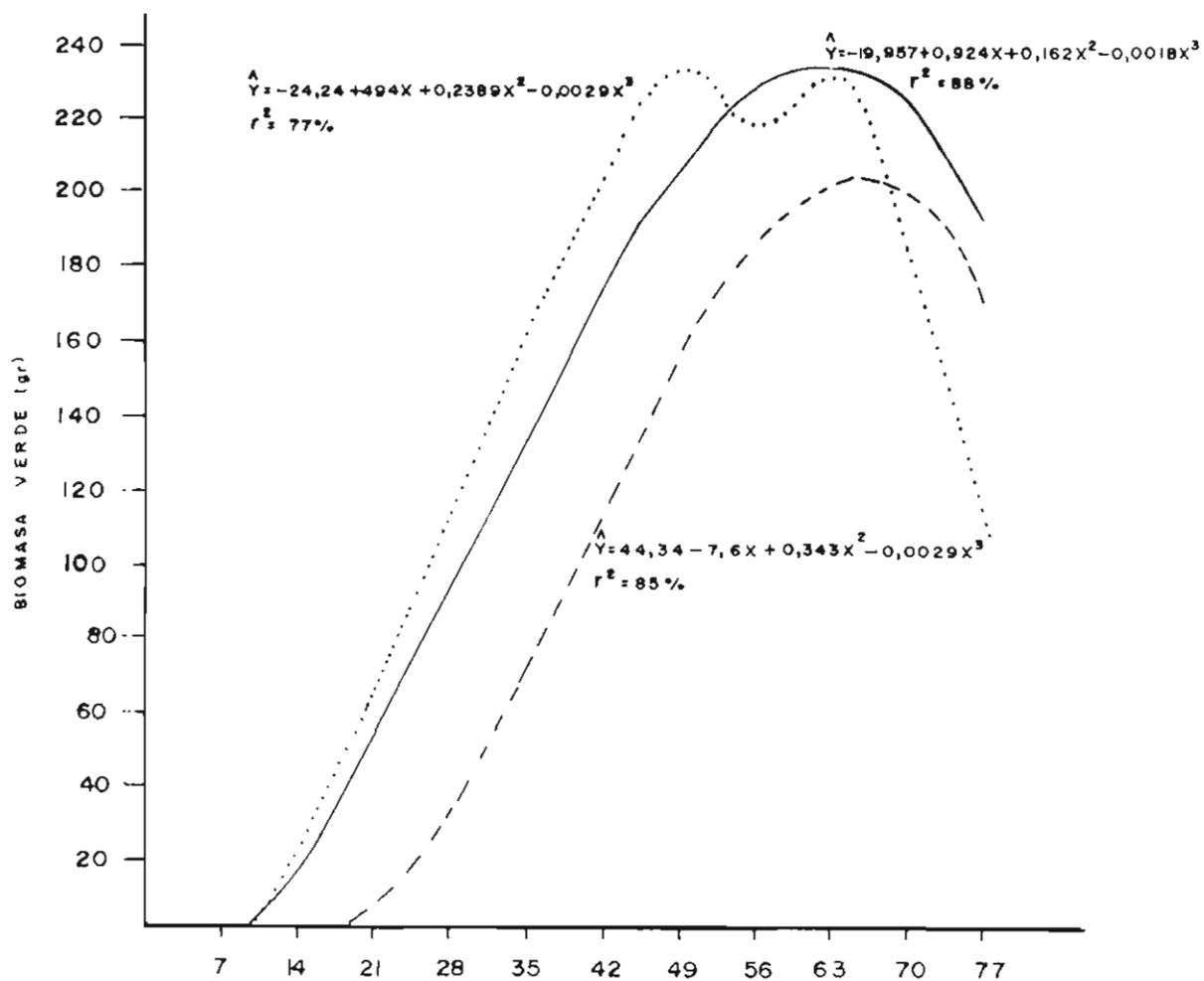
TRATAMIENTO	REGRESION	$r^2$
A. <i>filiculoides</i> bajo polietileno	$Y = -44.34 - 7.6X + 0.343X^2 - 0.0029X^3$	0.85
A. <i>filiculoides</i> bajo empaque ralos	$Y = -24.24 + 0.49X + 0.2389X^2 - 0.0029X^3$	0.77
A. <i>filiculoides</i> a libre exposición	$Y = -19.957 + 0.924X + 0.162X^2 - 0.0018X^3$	0.88

Donde Y= Biomasa verde

X= época

El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fué de 0.85, 0.77 y 0.88 respectivamente, lo que quiere decir que la variable independiente explica a la variable dependiente en un 85%, 77% y 88% respectivamente.

FIGURA No. 16 COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA VERDE DE *Azolla filiculoides* BAJO TRES TIPOS DE SOMBRIO. LA LIBERTAD 1984 - A -



- 1. TRATAMIENTO: POLIETILENO - - - - -
- 2. TRATAMIENTO: EMPAQUES ······
- 3. TRATAMIENTO LIBRE EXPOSICION ————

días después de la inoculación (Anexo 20). Las pruebas de Tukey indican que son diferentes en ambas oportunidades. Los tratamientos del helecho bajo empaques ralos y el helecho bajo polietileno; *Azolla filiculoides* a libre exposición a los 14 días no presentó diferencias estadísticas significativas con los otros dos tratamientos y a los 35 días *Azolla filiculoides* bajo empaques ralos; pero con relación al helecho bajo polietileno presentó diferencias estadísticas significativas (Anexos 20 y 21).

Para estudiar el comportamiento de la biomasa seca en función de la época se probaron varios modelos estadísticos y los que mejor explican la relación entre éstas dos variables en cada tratamiento, se presentan en la Tabla 7.

Las gráficas correspondientes a estos tres modelos, indican que el tratamiento de *Azolla* bajo empaques ralos es el que supera en acumulación de biomasa seca a los otros dos tratamientos, hasta los 56 días de edad del helecho, época a partir de la cual comienza un notorio descenso de este parámetro. El tratamiento del complejo *Azolla-Anabaena* a libre exposición le siguió en habilidad para acumular biomasa seca al tratamiento anterior, destacándose el hecho que no presenta tendencia a disminuir. La menor capacidad para almacenar biomasa seca a través del tiempo lo presentó el macrosimbionte *Azolla* cubierto con polietileno (Figura 17).

- 4.1.8. **Porcentaje de Nitrógeno:** Los mayores porcentajes de nitrógeno acumulado en la biomasa seca del complejo simbiótico *Azolla-Anabaena*, se obtuvieron a los 28

días de su inoculación bajo sombrero de polietileno con 3,27% de nitrógeno; le siguió el complejo inoculado bajo empaques ralos con 2,54% de nitrógeno. El tratamiento a libre exposición fué muy aleatorio y siempre presentó valores bajos con respecto a los dos tratamientos antes mencionados; por ejemplo el mayor valor de porcentaje de nitrógeno en este tratamiento fué de 3,57%, el cual está por debajo de los reportados para los otros dos tratamientos.

Los coeficientes de variación no presentan tendencia a ser altos para ninguna de las épocas.

Los análisis de varianza presentaron diferencias estadísticas significativas para los muestreos realizados a los 28, 35, 42 y 63 días de inoculado el helecho *Azolla filiculoides*. Las pruebas de Tukey indican que el tratamiento de *Azolla* bajo polietileno, fué diferente estadísticamente a los otros dos tratamientos en las cuatro épocas mencionados anteriormente; mientras que *Azolla* cubierta con empaques ralos, no fué estadísticamente diferente en las cuatro épocas al tratamiento de *Azolla filiculoides* a libre exposición. (Anexos 22, 23, 24, 25 y 26).

Empleando nuevamente el procedimiento de Stepwise, se calcularon modelos de regresión para conocer la forma como se relaciona la acumulación de nitrógeno en función del tiempo (edad del helecho). Los modelos hallados se reportan en la Tabla 8. Se destaca el hecho que no se encontró modelo estadístico que explique el comportamiento de los resultados (porcentaje de nitrógeno), obtenido para el tratamiento del helecho a libre exposición.

Las gráficas correspondientes a los modelos de regresión, para los tratamientos de *Azolla* utilizando como medio de sombrio, polietileno y *Azolla filiculoides* bajo empaque ralos, muestran la misma tendencia de presentar los mayores porcentajes de nitrógeno a los 28 días de edad del complejo simbiótico; de ahí en adelante una disminución progresiva en la acumulación de nitrógeno para nuevamente alcanzar pequeños aumentos en dicha acumulación a partir de los 77 días (Figura 18).

De otra parte se probaron varios modelos generales de regresión (reuniendo los tres tipos de sombrio) para las variables; área de cubrimiento y época, biomasa verde y época, biomasa seca y época, porcentaje de nitrógeno y época; de los cuales se escogieron los que aparecen en la Tabla 9. Se observa que la máxima área de cubrimiento del macrosimbionte *Azolla filiculoides*, se obtuvo entre los 49 y 63 días de inoculado el helecho con 3358 cm<sup>2</sup> (Figura 19), la máxima cantidad de biomasa verde se obtuvo entre los 49 y 63 días de la inoculación con 208.27 gramos (Figura 20). En cuanto a máxima biomasa seca se obtuvo a los 63 días de inoculado el helecho, con 10 gramos (Figura 21), y finalmente el máximo porcentaje de nitrógeno se dió entre los 21 y 28 días de inoculado el complejo simbiótico con 2.6% de nitrógeno (Figura 22). En otros términos estos modelos nos darían una indicación de lo que podría esperarse para los parámetros estudiados ya sea que se calculen para *Azolla filiculoides*, con sombrio de polietileno, con sombrio de empaques ralos o *Azolla* sin sombrio.

TABLA N° 7. MODELO DE REGRESION POR TRATAMIENTO PARA BIOMASA SECA DE *Azolla filiculoides*.

Mediante el procedimiento Stepwise se relacionaron las variedades biomasa seca y época. Los modelos de regresión obtenidos fueron los siguientes:

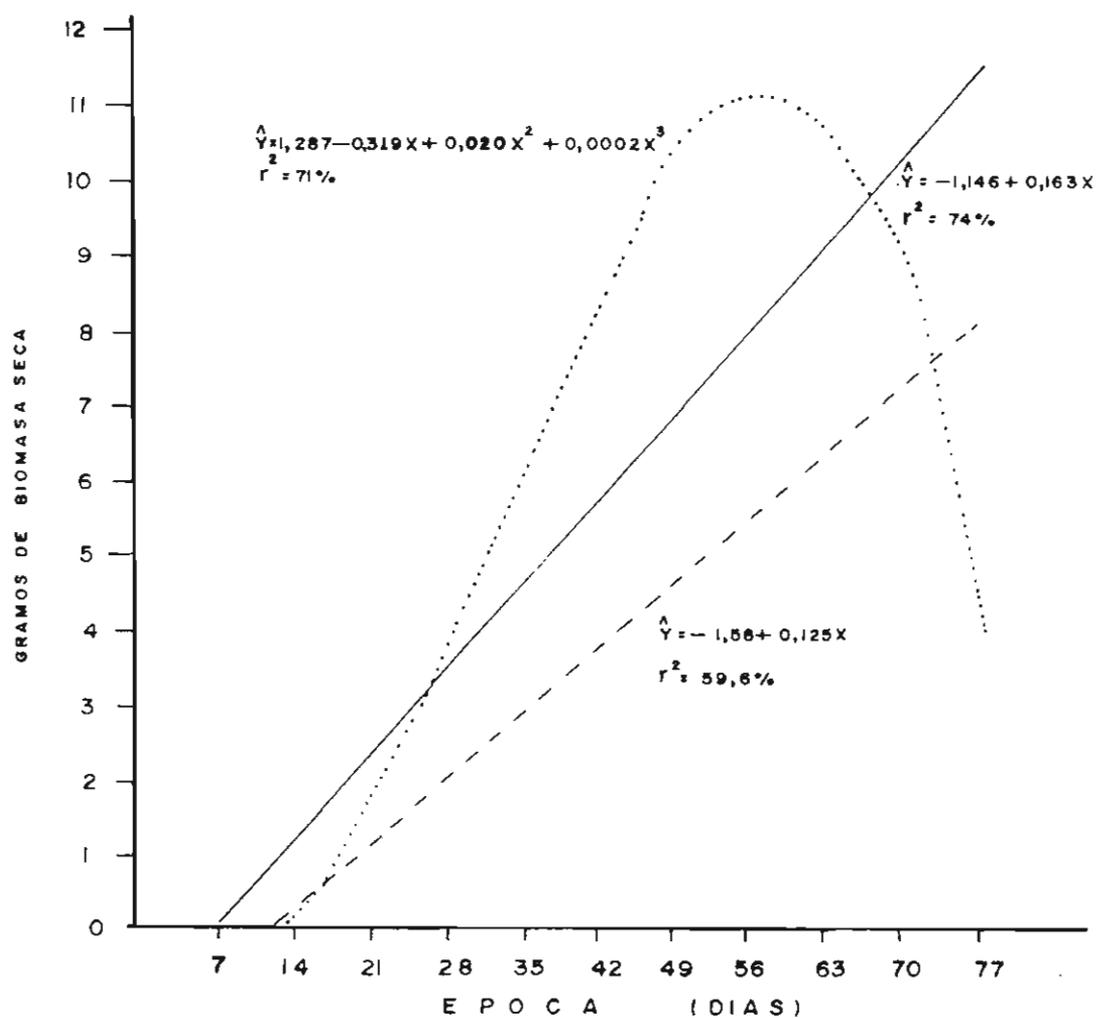
TRATAMIENTO	REGRESION	$r^2$
<i>A. filiculoides</i> bajo polietileno	$Y = -1.58 + 0.125X$	0.596
<i>A. filiculoides</i> bajo empaques ralos	$Y = 1.287 - 0.319X + 0.020X^2 - 0.00020X^3$	0.71
<i>A. filiculoides</i>	$Y = -1.146 + 0.163X$	0.74

Donde Y = Biomasa seca

X = época

El coeficiente de terminación ( $r^2$ ) fué de 0.596, 0.71 y 0.74 respectivamente, lo que quiere decir que la variable independiente explica a la variable dependiente en un 56.9% 71% y 74% respectivamente.

FIGURA No. 17 COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA SECA DE *Azolla filiculoides* BAJO LOS TRES TIPOS DE SOMBRIO .LA LIBERTAD 1984-A-



1. TRATAMIENTO : POLIETILENO - - - - -

2. TRATAMIENTO : EMPAQUES ······

3. TRATAMIENTO : LIBRE EXPOSICION ———

4.1.9. **Cambios en la coloración de *Azolla filiculoides*:** Durante el transcurso del experimento sobre crecimiento del complejo simbiótico *Azolla-Anabaena*, se observaron cambios en la coloración externa del helecho, de tal forma que a los 63 días de inoculado la *Azolla filiculoides* se tenían los siguientes resultados de coloración. La *Azolla* que se inoculó bajo polietileno (con intensidad lumínica promedio de 37,5 foot-candles), conservó siempre una coloración verde intensa. La *Azolla* inoculada bajo empaques ralos (con intensidad lumínica promedio de 65 foot-candles), mientras que el helecho que se inoculó a libre exposición (con intensidad lumínica mayor de 75 foot-candles), cambió su coloración totalmente pasando del verde intenso inicial a un color rojizo. Estos cambios de coloración en los diferentes tratamientos se atribuyeron a la incidencia que tienen las diferentes intensidades lumínicas sobre el macrosimbionte *Azolla* (Figura 23).

## 4.2. EXPERIMENTO N° 2.

*Azolla filiculoides* como abono verde en el ecosistema de Arroz de Secano.

4.2.1. **Contenido de materia orgánica en el suelo:** De acuerdo al análisis de suelo antes de comenzar el experimento los contenidos de materia orgánica eran de 1,29%, finalizado el experimento los análisis de suelo para materia orgánica muestran pequeños incrementos con relación al contenido inicial, en el siguiente orden; Arroz + *Azolla* (5 ton/Ha) 1.74% de materia orgánica; Arroz + Urea 1,68%; es decir 0.45% y 0.39% fueron los incrementos respectivos (Anexo 35).

TABLA N° 8. MODELOS DE REGRESION POR TRATAMIENTO PARA PORCENTAJE DE NITROGENO DE *Azolla filiculoides*.

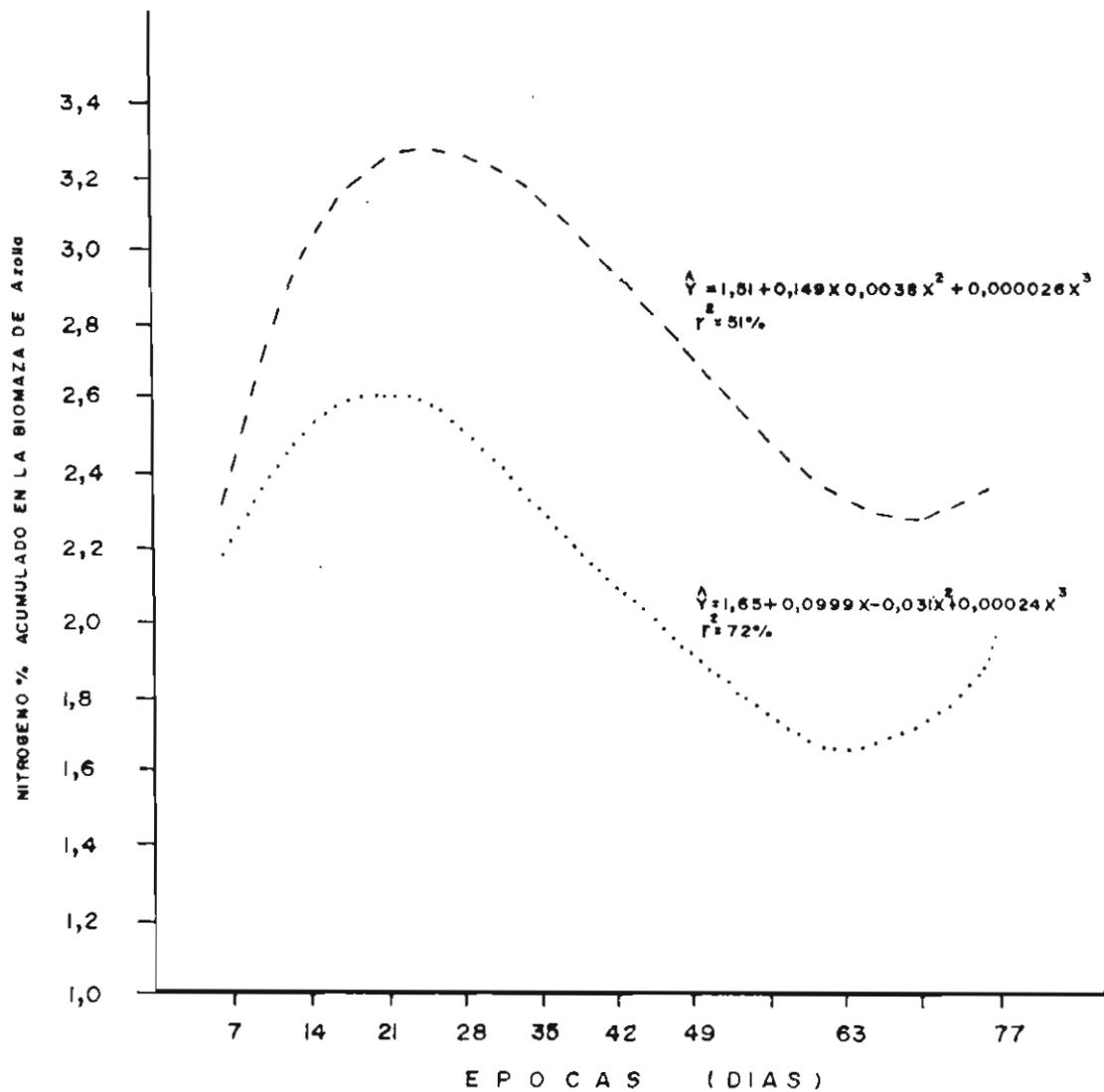
Mediante el procedimiento Stepwise se relacionaron las variables porcentaje de nitrógeno y época. Los modelos de regresión obtenidos fueron los siguientes:

TRATAMIENTO	REGRESION	$r^2$
A. <i>filiculoides</i> bajo polietileno	$Y = 1.5 + 0.149X - 0.00038X^2 + 0.000026X^3$	0.51
A. <i>filiculoides</i> bajo empaques ralos	$Y = 1.65 + 0.0999X - 0.0031X^2 + 0.000024X^3$	0.72
A. <i>filiculoides</i> libre exposición.	No hubo un modelo que se ajustara a los resultados.	

Donde Y = Porcentaje de Nitrógeno  
X = época

El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fué de 0.51, 0.72 lo que quiere decir que la variable independiente explica a la variable dependiente en un 51% y 72% respectivamente.

FIGURA No. 18 COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE NITROGENO DE *Azolla filiculoides* BAJO LOS TRES TIPOS DE SOMBRIO. LA LIBERTAD 1984-A-



1. TRATAMIENTO: POLIETILENO ---

2. TRATAMIENTO: EMPAQUES .....

TABLA N° 9. MODELOS GENERALES DE REGRESION PARA: AREA DE CUBRIMIEN TO, BIOMASA VERDE, BIOMASA SECA Y PORCENTAJE DE NITROGE NO DE *Azolla filiculoides*.

Mediante el procedimiento Stepwise se relacionaron las variables área de cubrimiento y época, biomasa verde y época, biomasa seca y época, porcentaje de nitrógeno y época. Los modelos de regresión obtenidos fueron los siguientes:

TRATAMIENTO	REGRESION	$r^2$
<i>A. filiculoides</i>	$Y_1 = 233.07 - 57.56X + 4.41X^2 - 0.043X^3$	0.71
bajo polietileno a libre exposición.	$Y_2 = 0.046 - 2.016X + 0.248X^2 - 0.0026X^3$	0.73
	$Y_3 = 0.310 - 0.142X + 0.011X^2 - 0.0001X^3$	0.60
	$Y_4 = 1.759 + 0.090X - 0.0026X^2 + 0.000019X^3$	0.25

Donde  $Y_1$  = Area de cubrimiento  
 $Y_2$  = Biomasa verde  
 $Y_3$  = Biomasa seca  
 $Y_4$  = Porcentaje de nitrógeno

El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fué de 0.71, 0.73, 0.60 y 0.25 respectivamente; lo que quiere decir que la variable independiente explica a la variable dependiente en un 71%, 73%, 60% y 25% respectivamente.

FIGURA N. 19    MODELO GENERAL DE REGRESION PARA AREA DE CUBRIMIENTO DE Azolla filiculoides

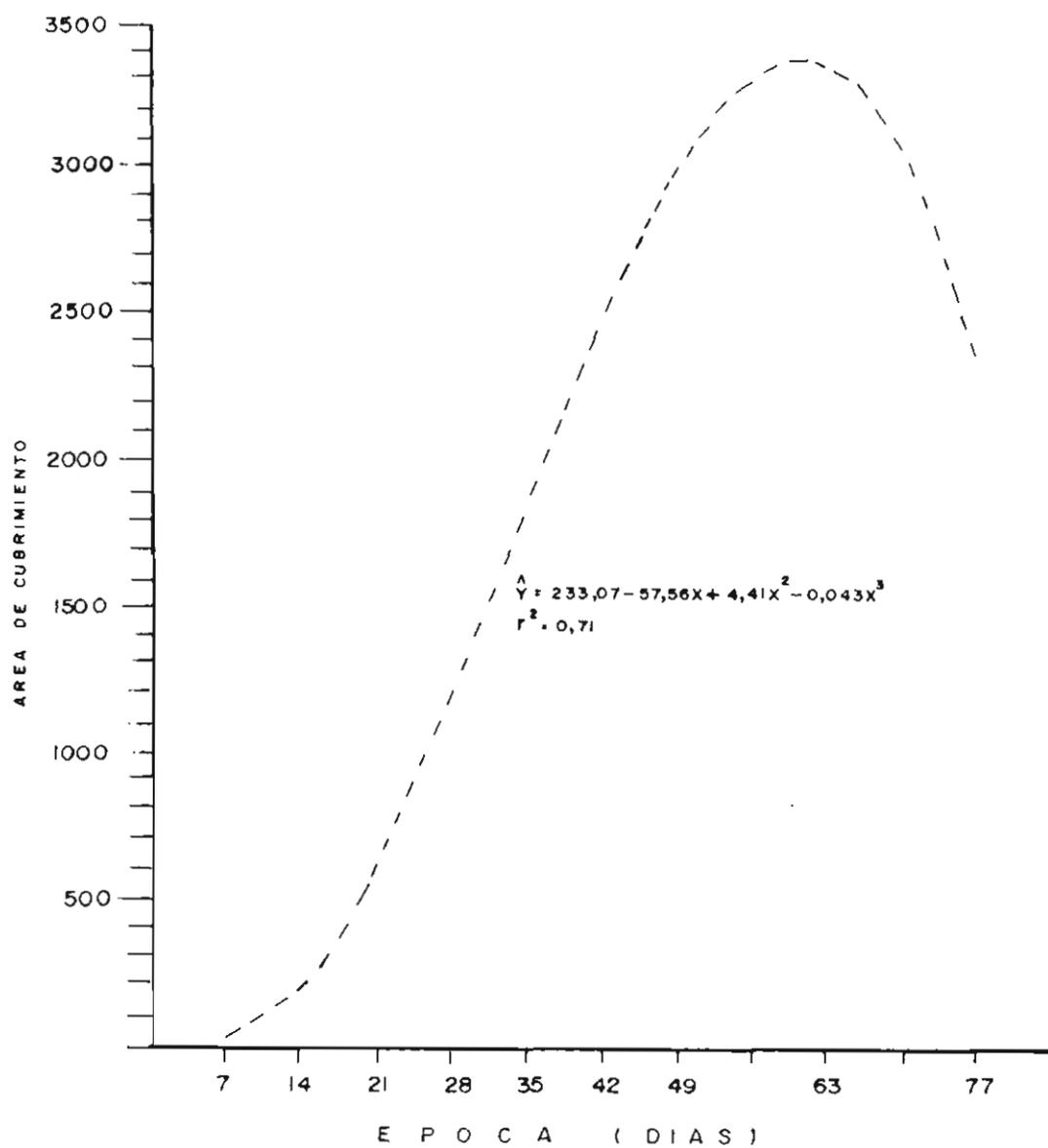


FIGURA No. 20 MODELO GENERAL DE REGRESION PARA BIOMASA VERDE DE Azolla filiculoides

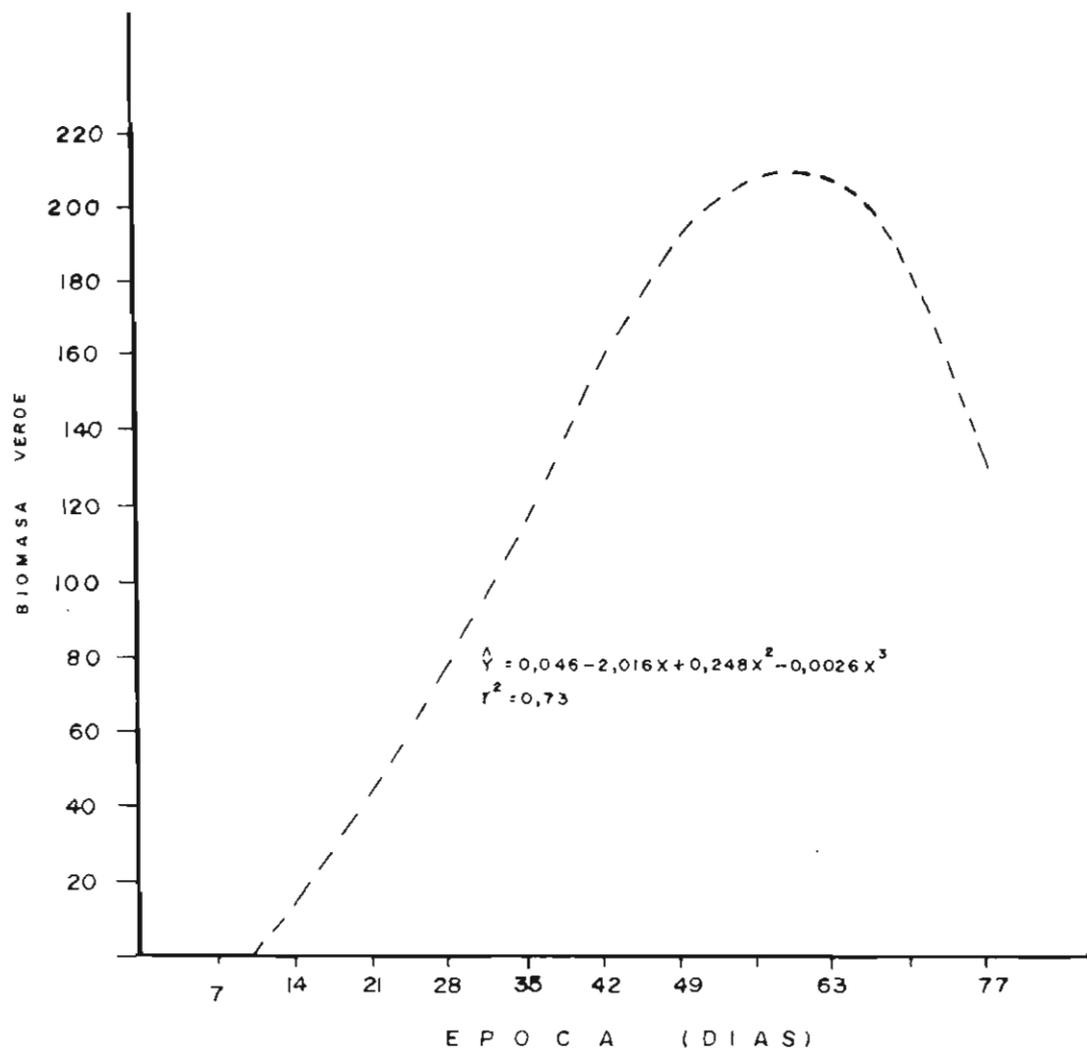


FIGURA No. 21    MODELO GENERAL DE REGRESION PARA BIOMASA SECA DE Azolla filiculoides

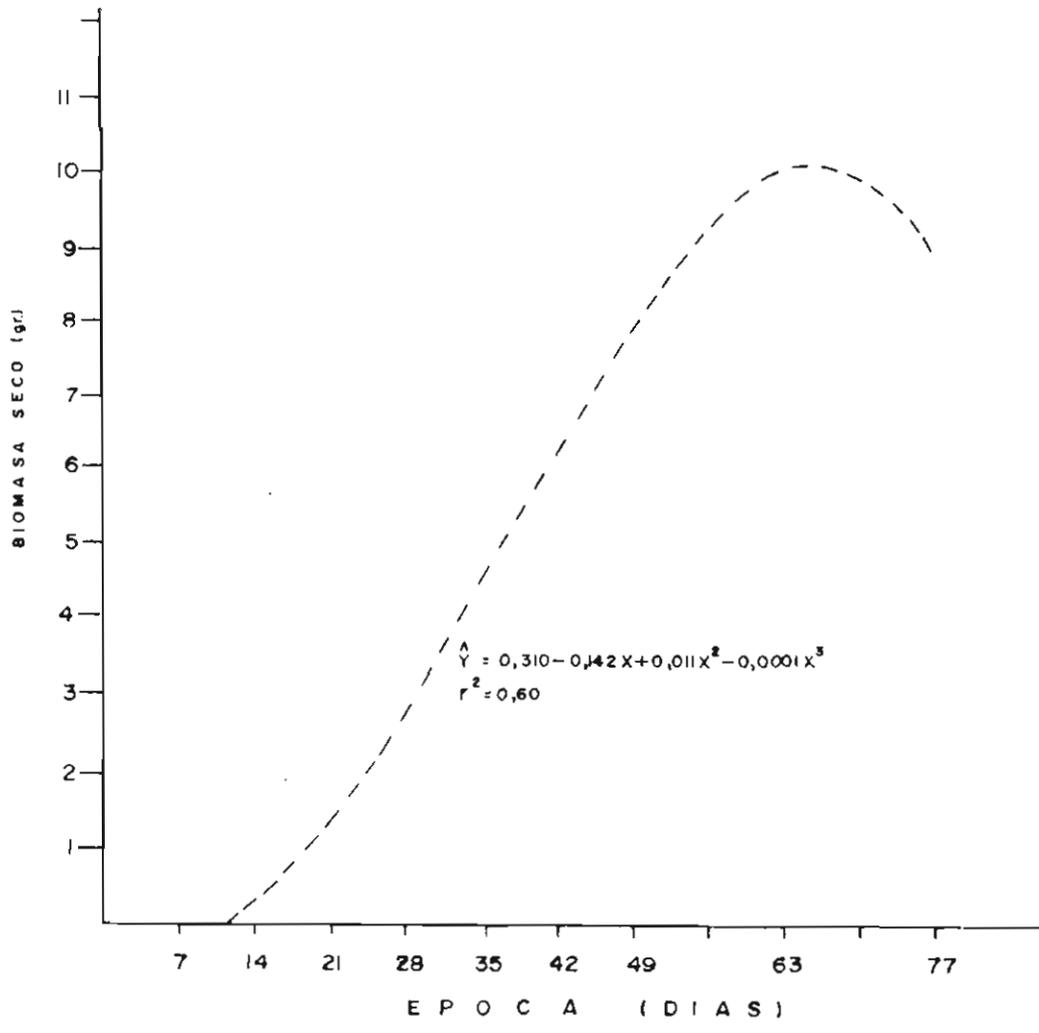


FIGURA N.º.22 MODELO GENERAL DE REGRESION PARA PORCENTAJE DE NITROGENO DE Azolla filliculoides

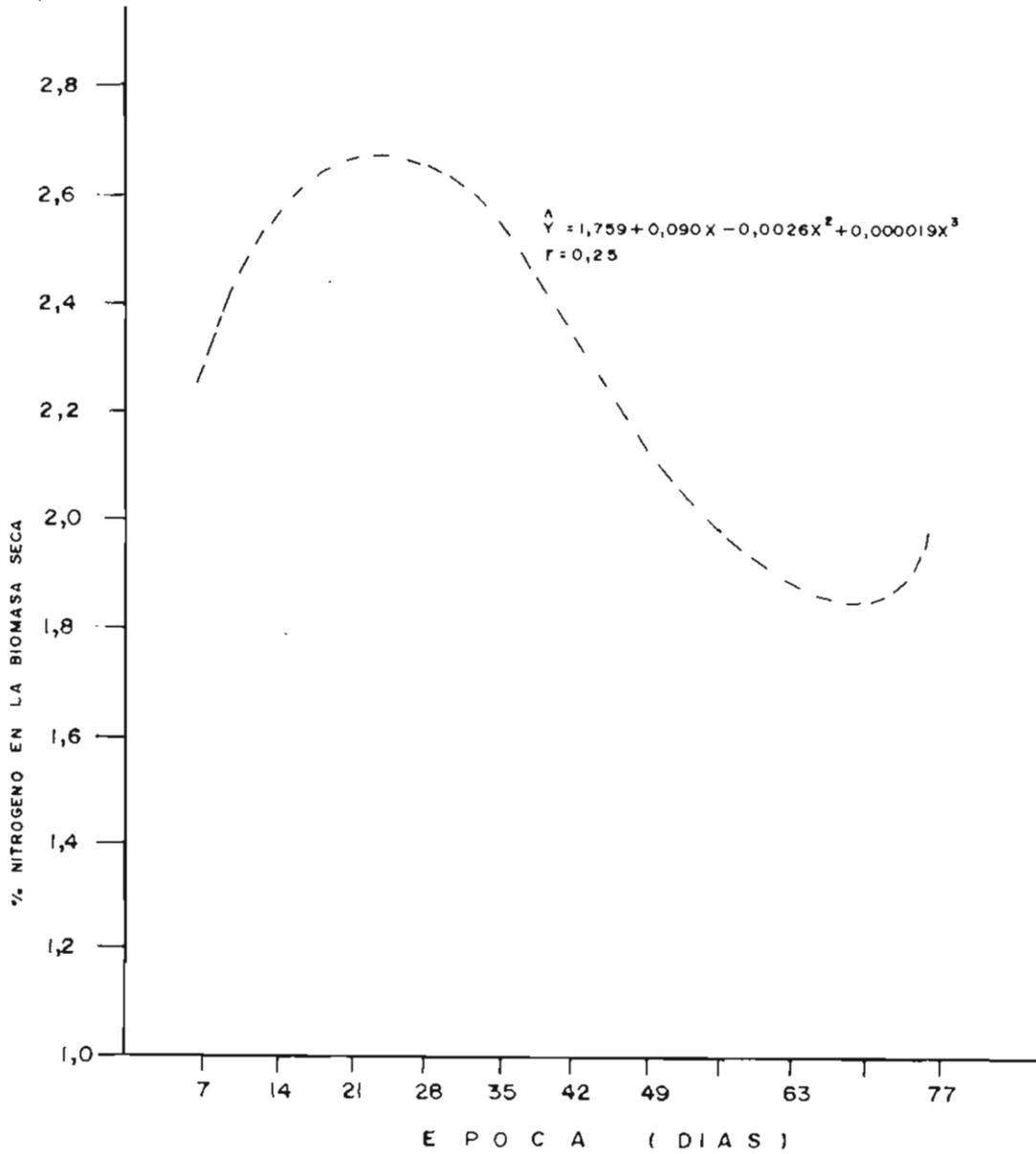




FIGURA N° 23. CAMBIOS DE COLORACION PRESENTADOS A LOS 63 DIAS DE EDAD DE *Azolla filiculoides*, DE ACUERDO AL TIPO DE TRATAMIENTO.

4.2.2. **Análisis foliar para determinación de Nitrógeno:** Para éste análisis se tomaron cincuenta (50) hojas de arroz por tratamiento, antes de la fase de floración; los resultados fueron los siguientes: para el tratamiento de Arroz + Azolla (5 ton/Ha.) se obtuvo 1,27% de nitrógeno; para el tratamiento de Arroz + Urea (68 Kg/Ha.) 1,66% de nitrógeno y para el testigo (sin fertilización) el resultado fué de 1,19% de nitrógeno (Anexo 41).

De acuerdo a los anteriores datos el tratamiento de Arroz + Urea superó 0.39% al tratamiento de Arroz + Azolla y éste a la vez superó al testigo en 0.09%.

4.2.3. **Resultados de los parámetros realizados al momento de la cosecha.**

4.2.3.1. **Número de macollas por planta:** Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

4.2.3.2. **Altura de las plantas:** En éste caso se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tres tratamientos. La mayor altura promedio se obtuvo con la fertilización de úrea (74,3 cm.) seguido por el tratamiento de Azolla, (67,4 cm.); el testigo alcanzó una altura de 58,4 cm.

4.2.3.3. **Número de panículas por planta:** No presentaron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento de arroz fertilizado con Azolla y arroz fertilizado con

úrea; pero estos dos tratamientos sí fueron estadísticamente altamente significativos.

- 4.2.3.4. **Longitud de las panículas:** Tanto el tratamiento de *Azolla* como el de úrea, estadísticamente fueron iguales; pero estos dos tratamientos fueron diferentes con relación al testigo.
- 4.2.3.5. **Número de granos por panícula:** El tratamiento con úrea superó en cantidad (64.1 granos) al tratamiento con el biofertilizante *Azolla filiculoides* (53 granos); entre éstos dos casos se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas y éstos a su vez fueron significativamente diferentes al testigo.
- 4.2.3.6. **Número de granos llenos por panícula:** Para éste parámetro no se encontraron diferencias estadísticas entre los dos tratamientos de fertilización, pero sí las hubo con respecto al testigo.
- 4.2.3.7. **Número de granos vanos por panícula:** En éste caso el testigo presentó el mayor número de granos vanos por panícula, con diferencias estadísticas altamente significativas con relación a los dos tratamientos de fertilización.
- 4.2.3.8. **Peso seco de granos por panícula:** Los dos tratamientos de fertilización, esta-

dísticamente fueron iguales y nuevamente presentaron diferencias estadísticas altamente significativas con relación al testigo.

Los resultados anteriores se presentan en la Tabla N° 10 y en los Anexos 27-34.

- 4.2.3.9. **Peso de mil granos por tratamiento:** En éste caso no fué posible realizar análisis estadístico por la poca cantidad de granos obtenidos por repetición.

El peso de mil granos procedente de las cinco repeticiones de cada tratamiento originó los siguientes resultados; fertilización con úrea: fué de 23,66 gramos; el tratamiento de biofertilización con *Azolla filiculoides* 21.04 gramos y el tratamiento sin fertilización fué de 20 gramos (Anexo 41).

Con base en los anteriores resultados encontramos que el tratamiento donde se empleó úrea (del 46%) a razón de 68 Kg/Ha., fué el de los mejores resultados en lo pertinente a nitrógeno foliar y también lo fué en los parámetros medidos a nivel de planta.

El tratamiento con el biofertilizante *Azolla* en términos numéricos, tal como se aprecia en la Tabla 13, fué inferior al anterior tratamiento, aunque en algunos casos no se hayan presentado diferencias estadísticas significativas. El testigo siempre fué inferior a los dos tratamientos de fertilización, esta

TABLA N° 10. RESULTADOS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS EN EL EXPERIMENTO SOBRE *A. filiculoides* COMO ABONO VERDE EN EL ECOSISTEMA DE ARROZ DE SECANO. VARIEDAD ORYZICA 2.

TRATAMIENTO	N° MACOLLAS/PLANTA $\bar{X}$	ALTURA DE PLANTAS $\bar{X}$ (cm)	N° PANICULAS/PLANTA $\bar{X}$	LONGITUD PANICULA/ $\bar{X}$ (cm)	N° GRANOS /PANICULA $\bar{X}$	N° GRANOS LLENOS/PANICULA $\bar{X}$	N° GRANOS VANOS/PANICULA $\bar{X}$	PESO SECO GRANO/PANICULA $\bar{X}$ (gr)
Arroz + Azolla 5 ton/Ha. + KCl	2.54 N.S	67.4 b**	2.1 a**	16.5 b**	53 b**	42.8 a**	10.1 b*	0.9 a**
Arroz + Urea + KCl	2.84 N.S	74.3 a**	2.4 a**	16.8 b**	64.1 a**	47.5 a**	17.3 ab*	1.1 a**
Arroz Testigo	2.8 N.S	58.4 c**	1.3 b**	18.4 a**	48.5 b**	28.4 b**	20.2 a*	0.6 b**

Promedio con la misma letra no son significativamente diferentes

\*\* = Diferencias estadísticas altamente significativas

\* = Diferencias estadísticas significativas

N.S. = No significativo.

dística y numéricamente.

Las tendencias seguidas en éstos tres tratamientos nos muestran los efectos positivos sobre la planta de arroz, que se podrían esperar con el empleo del complejo simbiótico *Azolla-Anabaena* incorporado, en ausencia de la fertilización donde se emplean fuentes inorgánicas de nitrógeno.

#### 4.3. EXPERIMENTO N° 3.

*Azolla filiculoides* como cultivo asociado en el ecosistema de arroz de riego.

4.3.1. **Contenido de materia orgánica en el suelo:** El análisis de suelo antes de comenzar el experimento indica que los contenidos de materia orgánica eran de 1.29%, finalizado el experimento los análisis de suelo para materia orgánica muestran disminución de ésta con relación al contenido inicial así: Arroz + *Azolla* (5 ton/Ha.) 1.12% de materia orgánica; Arroz + Urea 0.95%; e decir en 0.17% y 0.34% disminuyó la materia orgánica para Arroz + *Azolla* (5 ton/Ha.) y arroz + Urea respectivamente (Anexo 35).

4.3.2. **Análisis foliar para determinación de nitrógeno:** Para éste análisis, al igual que en el experimento de arroz de secano, se tomaron cincuenta (50) hojas de arroz por tratamiento, antes de la fase de floración. Los resultados fueron los siguientes: para el tratamiento de arroz + *Azolla* (5 ton/Ha.) se obtuvo 1.46% de nitrógeno; para el tratamiento de arroz + úrea (100 Kg/Ha.) 1.36% de nitrógeno y finalmente para el testigo (sin fertilización) el resultado fué de

1.20% de nitrógeno (Anexo 41).

De acuerdo a los anteriores datos el tratamiento de arroz biofertilizado con *Azolla filiculoides* (5 ton/Ha.), superó en 0.10% al tratamiento de arroz + úrea y éste a la vez superó al testigo en 0.16%.

#### 4.3.3. Resultados de los parámetros analizados al momento de la cosecha:

4.3.3.1. **Número de macollas por planta:** Estadísticamente se encontraron diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos. El mayor número de macollas promedio se obtuvo con la fertilización de úrea (32 macollas), le siguió el arroz testigo (2.6 macollas) y finalmente el tratamiento de arroz + *Azolla* (5 ton/Ha.) con 2.2 macollas.

4.3.3.2. **Altura de las plantas:** En éste parámetro se encontraron diferencias estadísticas significativas, siendo el tratamiento de arroz + *Azolla* (5 ton/Ha) que muestran 81.9 cm. de altura; finalmente el testigo (77,7 cm. de altura) presentó diferencias con relación al tratamiento fertilizados con úrea.

4.3.3.3. **Número de panículas por planta:** En este caso se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre el tratamiento de arroz + úrea (3.2 panículas) y los demás tratamientos.

4.3.3.4. **Longitud de las paniculas:** Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, tanto para éste parámetro como para número de granos por panícula, número de granos llenos por panícula y número de granos vanos por panícula.

4.3.3.5. **Peso seco de granos por panícula:** Para éste parámetro el mejor tratamiento fué de arroz + *Azolla* (5 ton/Ha) con 2 gramos, seguido por los tratamientos de arroz + úrea con 1,8 gramos; aunque entre estos dos tratamientos no hubo diferencias estadísticas significativas. Entre los tratamientos de Arroz + *Azolla* (5 ton/Ha) y el testigo, se presentaron diferencias estadísticas significativas.

Los resultados anteriores se presentan en la Tabla N° 11 y en los Anexos 36-40).

4.3.3.6. **Peso de mil granos por tratamiento:** Para éste parámetro no fué posible realizar análisis estadísticos por la poca cantidad de granos obtenidos por repetición.

El peso de mil granos procedente de las cinco repeticiones de cada tratamiento originó los siguientes resultados: el tratamiento de fertilización con úrea fué de 23.23 gramos; el tratamiento de arroz biofertilizado con *Azolla* (5 ton/Ha) fué de 22.53 gramos y finalmente el testigo con 21.3 gramos (Anexo 41).

TABLA N° 11. RESULTADOS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS EN EL EXPERIMENTO SOBRE *A. filiculoides* COMO CULTIVO ASOCIADO EN EL ECOSISTEMA DE ARROZ DE RIEGO. VARIEDAD ORYZICA 2.

TRATAMIENTO	N° MACOLLAS / PLANTA $\bar{X}$	ALTURA DE PLANTAS $\bar{X}$ (cm)	N° PANICULAS/PLANTA $\bar{X}$	LONGITUD PANICULA/PLANTA $\bar{X}$ (cm)	N° GRANOS /PANICULA $\bar{X}$	N° GRANOS LLENOS/PANICULA $\bar{X}$	N° GRANOS VANOS/PANICULA $\bar{X}$	PESO SECO GRANO/PANICULA $\bar{X}$ (gr)
Arroz + Azolla 5ton/Ha. + KCl	2.2 b**	81.9 ab*	2.2 b**	25.2 N.S.	136.1 N.S.	91.4 N.S.	45.0 N.S.	2.0 a*
Arroz + Urea + KCl	3.2 a**	85.9 a*	3.2 a**	26.3 N.S.	112.3 N.S.	83.2 N.S.	29.5 N.S.	1.8 ab*
Arroz Testigo	2.6 ab**	77.7 b*	2.0 b**	24.1 N.S.	113.0 N.S.	67.0 N.S.	41.1 N.S.	1.4 b*

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes

\*\* = Diferencias estadísticas altamente significativas

\* = Diferencias estadísticas significativas

N.S. = No significativo

De los anteriores resultados obtenemos que el tratamiento donde se empleó úrea (del 45%) a razón de 100 Kg/Ha, fué el tratamiento que mejores resultados originó en lo pertinente a los parámetros medidos a nivel de la planta. En cuanto a contenidos de nitrógeno foliar el tratamiento que más se destacó fué el de Arroz + *Azolla* (5 ton/Ha).

Para éste experimento al igual que para el de *Azolla* como abono verde para arroz de secano, los tratamientos con el biofertilizante *Azolla* en términos numéricos, tal como se reporta en la tabla N° 11 fué inferior al anterior tratamiento, aunque en algunos casos no se hallan presentado diferencias estadísticas significativas. El testigo generalmente fué inferior a los dos tratamientos de fertilización, numéricamente.

Los anteriores análisis indican que las tendencias seguidas en éstos tres tratamientos; muestran los efectos también positivos sobre la planta de arroz, que se podrían esperar con el uso de la asociación simbiótica *Azolla-Anabaena* como asocio en arroz de riego, en ausencia de fuentes nitrogenadas inorgánicas.

#### 4.4. ANALISIS BROMATOLOGICO DE *Azolla filiculoides*.

Con el fin de conocer las posibilidades de empleo del helecho *Azolla filiculoides* como material que pueda ser empleado en la produc

ción de concentrados, se tomaron muestras de *Azolla filiculoides*, de la piscina de multiplicación y se enviaron al laboratorio de nutrición animal y de suelos del ICA; para realizar el respectivo análisis bromatológico.

Al comparar los resultados obtenidos en nuestro caso para *Azolla filiculoides*, con los de *Azolla sp.*, suministrados por la literatura, observamos que los contenidos de grasa, proteína cruda, nitrógeno, fósforo, potasio entre otros son siempre mayores en la *Azolla sp.* registrada por la literatura, que en la *Azolla filiculoides* del experimento (Tabla N° 12).

#### 4.5. PROBLEMAS FITOSANITARIOS DE *Azolla filiculoides*.

Los problemas fitosanitarios de la asociación simbiótica *Azolla-Anabaena*, durante su proceso de multiplicación fueron los siguientes: malezas acuáticas como *Pista stratiotes*, *Oedogonium sp.*, *Pontederia sp.* (Figura 24 y 25). Además se observó la presencia de caracoles.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. EXPERIMENTO N° 1.

#### Crecimiento de *Azolla filiculoides*.

5.1.1. Conclusiones: En el Departamento del Meta se encontraron focos de *Azolla filiculoides*, en Pachaquiario, y *Azolla sp.* en el Municipio de Granada (Vía Granja del SENA).

TABLA N° 12. RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO CON BASE EN BIOMASA SECA DE *Azolla sp.* y *Azolla filiculoides* (PROCEDENTE DE LAS PISCINAS DE MULTIPLICACION DEL HELECHO LA LIBERTAD, 1984-A).

CONSTITUYENTES	ANALISIS CON BASE EN BIOMASA SECA		
	%	p. p. m.	
	Según literatura *	Según laboratorio Tibaitatá**	Según laboratorio Tibaitatá
Ceniza	10.5	12.28	-
Grasa	3.0 - 3.3	1.70	-
Proteína cruda	24 - 30	14.01	-
Digestibilidad	-	44.21	-
Fibra detergente ácida	-	47.0	-
Fibra cruda	-	21.15	-
Humedad	-	7.51	-
Extrato no nitrogenado	-	46.75	-
Nitrógeno	4 - 5	1.76	-
Fósforo	0.5 - 0.9	0.20	-
Potasio	2.0 - 4.5	2.19	-
Magnesio	0.5 - 0.65	0.10	-
Manganeso	0.11- 0.16	-	650
Hierro	0.06- 0.26	-	1950
Calcio	-	0.82	-
Zinc	-	-	72.8
Cobre	-	-	18.8
Boro	-	-	13.9
Azúcares solubles	3.4 - 3.5	-	-
Almidón	6.5 - 6.54	-	-
Clorofila	0.43- 0.55	-	-

\* Reporte de la composición química de *Azolla sp.* según (41)

\*\* Reporte de la composición química de *Azolla filiculoides* según laboratorio de nutrición animal y de suelos de Tibaitatá.



FIGURA N° 24. CANTIDAD DE *Oedogonium sp.* ENCONTRADO BAJO LA Azolla.

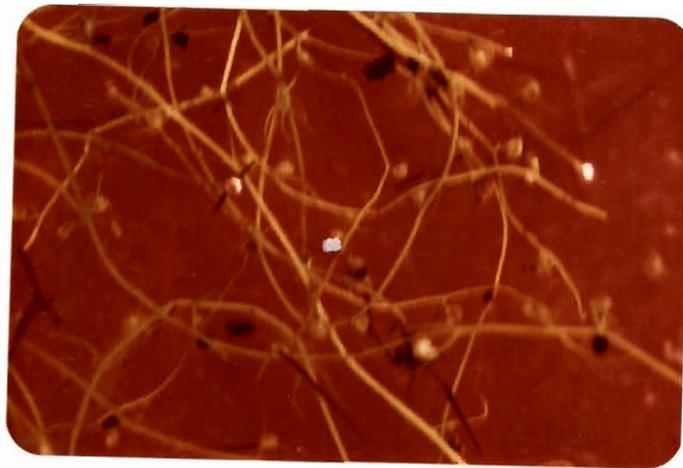


FIGURA N° 25. OBSERVESE ALGUNOS FILAMENTOS DE *Oedogonium sp.*

La acumulacion de biomasa seca comienza a declinar a los 77 dias de inoculado el complejo simbiotico *Azolla-Anabaena*

La maxima area de cubrimiento por *A. filiculoides* se obtuvo con empaques ralos entre los 49 y 63 dias

El complejo simbiotico *Azolla-Anabaena* en los tres tratamientos doblo su cantidad de biomasa en pocos dias (4 semanas)

El mejor sombrio para la obtencion de biomasa verde es el de empaques ralos con una intensidad luminica promedio de 65 foot-candles

El mayor porcentaje de nitrógeno se obtuvo a los 28 días de inoculado el simbiote *Azolla* bajo polietileno (intensidad luminica promedio de 31,5 foot-candles)

El complejo simbiótico *Azolla-Anabaena* exudó nitrógeno al medio acuatico siendo el mayor aporte el obtenido bajo cubrimiento de empaques ralos seguido por el cubrimiento de polietileno

La asociacion *Azolla-Anabaena* exige de sombrio parcial y no se adapto bien bajo libre exposicion en lo pertinente a area de cubrimiento y fijacion de nitrógeno

Los diferentes tipos de sombrio afectaron la coloración y comportamiento del complejo simbiótico *Azolla-Anabaena*

- 5 1 2 **Recomendaciones** Se suquiere realizar investigaciones sobre fertilizacion de *Azolla filiculoides* (factor que podria incrementar la capacidad de fijacion de nitrogeno del complejo simbiótico), lámina de agua óptima para el helecho *Azolla filiculoides* como control biológico de larvas de *Anopheles stegomyes* ya que algunos investigadores reportan que estas no pueden vivir donde el helecho habita

## 5 2 EXPERIMENTO N° 2

*Azolla filiculoides* como abono verde en el ecosistema de arroz de secano

- 5 2 1 **Conclusiones** *Azolla filiculoides* se proyecta como una fuente biológica de fertilizacion, promissoria para arroz de secano

La determinacion de nitrógeno por analisis foliar demuestra que el complejo simbiótico *Azolla-Anabaena* suministro nitrógeno al arroz

*Azolla* usada como biofertilizante no causa daños al suelo El uso de un biofertilizante como *Azolla*, contribuiria a reducir los elevados costos de producción del arroz

Cuando se empleó *Azolla filiculoides* como abono verde se obtuvieron tendencias positivas de éste sobre el cultivo del arroz

- 5 2 2 **Recomendaciones** Se suquiere que este experimento sea llevado a condiciones de campo, ademas se recomienda hacer investigaciones sobre épocas de incorpora

cion de *Azolla filiculoides*

5 3 EXPERIMENTO N° 3

*Azolla filiculoides* como cultivo asociado en el ecosistema de arroz de riego

5 3 1 **Conclusiones** El uso de helecho *Azolla filiculoides* como cultivo asociado con arroz, presento efectos positivos sobre las plantas de arroz, bajo las condiciones del experimento

Durante el transcurso del experimento no se presentaron malezas acuaticas, por lo que a *Azolla filiculoides*, podria considerársele como un medio biológico de control de malezas acuáticas para la región

La asociacion simbiótica *Azolla-Anabaena* ademas de suministrar nitrógeno aporta materia organica al medio

El complejo *Azolla-Anabaena* suministró nitrogeno al arroz de riego

5 3 2 **Recomendaciones** Se recomienda realizar este mismo experimento, pero bajo condiciones de campo, ademas deben realizarse investigaciones sobre época adecuada para asociar la *Azolla* investigar más a fondo sobre *Azolla* como control biologico de malezas acuáticas

## RESUMEN

El cultivo de arroz ha venido ganando importancia en Colombia sin embargo la indiferente aplicación de fertilizantes inorgánicos ha generado en dicho cultivo elevados costos de producción, *Azolla* sp. se presenta como una alternativa que solucionaría en parte los problemas de fertilización nitrogenada, pues es empleada en Asia y África desde hace siglos como biofertilizante, con efectos satisfactorios sobre el cultivo del arroz, razón por la cual se decidió emprender la investigación sobre crecimiento de *Azolla filiculoides* y uso potencial en este cultivo tanto en el ecosistema de arroz de secano como en el ecosistema de arroz de riego.

Los estudios de crecimiento de *Azolla filiculoides* se realizaron en el Centro Regional de Investigaciones La Libertad del ICA en Villavicencio Colombia localizado a 336 m s n m y una temperatura promedio de 28°C una humedad relativa del 78% y una precipitación promedio mensual de 238.3 mm.

La investigación sobre crecimiento de *Azolla filiculoides* se llevó a cabo bajo tres intensidades lumínicas diferentes que fueron *Azolla filiculoides* con cubrimiento de polietileno negro, empaques raños de fique y libre exposición. Obteniéndose como resultado que la máxima área de cubrimiento por *Azolla filiculoides* se presentó entre los 49 y 63 días bajo empaques de fique. El mejor sombrito para la obtención de biomasa verde es el de empaques raños con una intensidad lumínica promedio de 65 foot-candles. Se tomaron muestras a los 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 63 y 77 días de la inoculación para determinar en qué época acumula la máxima cantidad de nitrógeno donde se encontró que el mayor contenido acumulado fue a los 28 días en *Azolla filiculoides* con sombrito de polietileno negro.

Los experimentos de uso potencial de *Azolla filiculoides* como

abono verde y cultivo asociado en arroz se efectuaron en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales Villavicencio, Colombia ubicada a 440 m s n m una temperatura promedio de 26°C y una precipitación mensual de 230 mm

En la segunda etapa de la investigación se tomó *Azolla filiculoides* y se usó como abono verde en arroz de secano y como cultivo asociado en arroz de riego el mejor comportamiento lo presentó en términos generales, el tratamiento de arroz más fertilizante inorgánico (urea) tanto en arroz de riego como en arroz de secano aunque el arroz biofertilizado con *Azolla filiculoides* mostró en ambos experimentos tendencias positivas

Según los resultados anteriores se justifica seguir investigando sobre este biofertilizante hasta ahora desconocido en nuestro medio

## S U M M A R Y

A great potential for increasing rice crop exist in Colombia where high amounts of chemical fertilizer are been utilized, reducing the cost - benefit ratio

To see if *Azolla* can substitute for chemical N - fertilizer, different experiments were carried out using *Azolla filiculoides* in upland and flooded rice

The research was conducted in the Experimental Station La Libertad, ICA Villavicencio Colombia, located at 336 m a s l with temperature 28°C, relative humidity 78%, and rainfall of 238.3 mm per month

To study, variability in growth of *A. filiculoides* different light intensities were used. The treatment with natural fiber sacs had the highest biomass production 49-63 days after inoculation. The maximum  $N_2$  fixing rate was obtained 28 days after inoculation covering the *Azolla* with black plastic sheets

The potential use of *A. filiculoides* research was conducted in the Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales installations (Villavicencio, Colombia 440 m o s l with 26°C temperature and 230 mm /month rainfall)

In the field *A. filiculoides* was inoculated under upland and lowland conditions. The results showed that *Azolla* may partly depend on soil N. chemical fertilization have better results than *Azolla* alone

**B I B L I O G R A F I A**

## BIBLIOGRAFIA

- 1 - ARLNAS, J A y MEDINA, L E Empleo del complejo simbiótico *Azolla-Anabaena* como apuntador de nitrógeno en arrozales Tesis de Grado Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Colombia Palmira, 1984, 74 p
- 2 - ASHTON, P J y WALMSLEY, R D El helecho acuático y su simbionte *Anabaena* Endeavour, España, v 35 (124), 1976, p 39-43
- 3 - AZROLAN, N I , FISHER, R W and GATES, J E Unusual heterocyst pigmentation and nitrogen fixation in the cyanobacteria associated with *Azolla* Fern Plant Physiol 67 (Suppl) 134, 1981
- 4 - BECKING, J H Ecology and physiological adaptations of *Anabaena* in the *Azolla-Anabaena*, *Azollae* symbiosis Environmental Role of Nitrogen-fixing Blue-green Algae and asymbiotic Bacteria Ecol Bull (Stockholm) 26 1978, p 266-281
- 5 - BERJA, N S and WATANABE, I Response of *Azolla* species to different temperatures The International Rice Research Institute Saturday Seminar March 21, 1981, 9 p
- 6 - BROTONEGORU, S , SUDJADI, M , PARTOHARDJONO, S , SUKIMAN I , PRIHATINI, T and HENDRIKS, V Some experiments on the use of *Azolla* for rice production in Indonesia In GRAHAM, P H , HARRIS, S L (Eds) Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture Papers presented at a workshop held at CIAT Cali, Colombia March 9-13 1981, p 567-573

- 7 - BUCKMAN, H O and BRADY, N C Naturaleza y propiedades de los suelos La adición del nitrógeno al suelo por las precipitaciones Editorial Montevea y Simon S A Barcelona, España 1970, p 445-446
- 8 - CIAT *Azolla* como biofertilizante potencial Informe anual del Programa de Arroz Cali, Colombia 1979, p 28
- 9 - CLAVIJO, J A Interrelaciones de *Azolla* sp en dos suelos del Valle del Cauca Tesis de Grado Ingeniero Agronomo Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia Bogotá 1984 74 p
- 10 - FAO Biofertilizantes reciclajes de desechos orgánicos en la agricultura Boletín de suelos organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación Roma, Italia 1977 p 29-40
- 11 - FERRERA-CEPRATO, R MIRANDA R A Propagation of an *Azolla* sp and its potential as a green manure for corn in Mexico In GRAHAM, P H , HARRIS, S C (Eds) Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture Papers presented at a workshop held at CIAT Cali Colombia March 9-13 1981, p 561-564
- 12 - GEORGE, L C Elementos de ecología Procesos de descomposición y transformación Ediciones Omega 1974 p 351-353
- 13 - GRAHAM, P H Compiled Research on Biological Nitrogen Fixation in the International Agricultural Research Centers In GRAHAM, P H HARRIS, S C (Eds) Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture, Papers presented at a workshop held at CIAT Cali Colombia March 9-13 1981, p 695

- 14 - HARRIS S C Compiled Internationally Sponsored Development of Biological Nitrogen Fixation Technology In GRAHAM P H , HARRIS S C (Eds) Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture Papers presented at a workshop held at CIAT Cali Colombia March 9-13 1981 p 689-693
- 15 - HILL D J The role of *Anabaena* in the *Azolla*-*Anabaena* symbiosis *New Phytol* v 78 (3) 1977 p 611-616
- 16 - HOWFLER R H Analisis del tejido vegetal en el diagnostico de problemas nutricionales en algunos cultivos tropicales CIAT (1983) p 15-16
- 17 - IRRI Nitrogen fixation associated with *Azolla* Soil microbiology department The International Rice Research Institute Los Banos, Laguna Philippines Annual Report for 1978 p 245-248
- 18 - IRRI *Azolla* *Anabaena* symbiosis Soil microbiology department The International Rice Research Institute Los Baños, Laguna Philippines Annual Report for 1979 p 291-292
- 19 - JOHNSON, G V , MAYLUX, P A and EVANS, H J A cobalt requirement for symbiotic growth of *Azolla filiculoides* in the absence of combined nitrogen *Plant Physiology* January v 41 (1), 1966, p 852-855
- 20 - LIU, C C Use of *Azolla* rice production in China In Nitrogen and rice The International Rice Research Institute Los Banos, Laguna Philippines 1979 p 395-405
- 21 - LUMPKIN T A Assessing the potential for *Azolla* use in the humid tropics Department of agronomy and soil For pu -

blication in the International Rice commission Newsletter  
June 1984 10 p

- 22 - LUMPKIN, T A Chinese technology for the cultivation of *Azolla* In GRAHAM, P H HARRIS, S C (Eds) Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture, Papers presented at a workshop held at CIAT Cali, Colombia March 9-13 1981 p 537-548
- 23 - LUMPKIN, T A LIU, Zhuo-Zing, ZU, Shou-Xian and MAO, Mei-Fei The effect of species of *Azolla* under three management practices on the yield of paddy rice In GRAHAM, P H, HARRIS, S C (Eds) Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture Papers presented at a workshop held at CIAT Cali, Colombia March 9-13 1981, p 549-553
- 24 - LUMPKIN, T A and PLUCKNETT, D L *Azolla* as a green manure Use and management in crop production Westview tropical agriculture, series, N° 5 Westview press, Boulder Colorado 1982
- 25 - MAYRA, B y MONTIEL, L Observaciones ultraestructurales en epidermis de hidrotéridos Biología Tropical Universidad de Costa Rica v 27 (2), 1979, p 177-182
- 26 - MEDINA, L E y ARENAS, J A El complejo simbiótico *Azolla-Anabaena* Una fuente de nitrógeno para el arroz Arroz del CIAT y América Latina, carta divulgativa Cali, Colombia v 4 (2), 1983
- 27 - MOORE, A W *Azolla* biology and agronomic significance The Botanical Review v 35 (1) 1969, p 17-34

- 28 - MUNEVAR, M F La simbiosis *Azolla-Anabaena* fijación de nitrógeno y su uso potencial en la agricultura ICA Centro Nacional de Investigaciones Tibaitatá Bogotá 1983 (Material en proceso de revisión), 29 p
- 29 - MUNEVAR, M F Principales procesos microbiológicos en el suelo y su función con la productividad agropecuaria ICA, fertilidad de suelos y fertilizantes, compilación del curso N°45 Tibaitata Bogotá Abril 1982, p 63-96
- 30 - MUÑOZ, B D y GARCIA, O E Oryzica 2 variedad rendidora Plegable de divulgación N° 180 ICA Marzo 1984
- 31 - MURILLO, M T Catálogo ilustrado de plantas de Cundinamarca Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional Bogotá, Colombia v II Pteridophyta 1966, p 139
- 32 - MURILLO, M T Usos de los helechos en Suramérica con especial referencia a Colombia Instituto de Ciencias Naturales Museo de Historia Natural Biblioteca José, Jerónimo, Triana N° 5 Universidad Nacional Bogotá Colombia 1983, p 66-69
- 33 - NEVIANI, I Ciclo del nitrógeno Enciclopedia monográfica Avance Barcelona, España 5, el suelo 1975 p 26-33
- 34 - PETERS, G A R E , TOIA, J R and LOUGH, S M *Azolla-Anabaena azollae* relationship v 15 N<sub>2</sub> fixation, acetylene reduction, and H<sub>2</sub> production Plant Physiol 59 1977, p 1021-1025
- 35 - RAINS, D W and TALLEY, S N Uses of *Azolla* in North America In Nitrogen and rice The International Rice Research Ins

- titude Los Baños Laguna, Philippines 1979 p 419-431
- 36 - RAMIREZ-ESPINAS C BERJA, N S , DEL ROSARIO, D C and WATANABE, I Environmental conditions affecting *Azolla* growth International Rice Research Institute Saturday Seminar June 16 1979, p 1-9
- 37 - RANGASWAMI, G Research and Development For Biological Nitrogen Fixation in India In GRAHAM, P H , HARRIS, S C (Eds) Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture, Papers presented at a workshop held at CIAT Cali, Colombia March 9-13 1981, p 683-686
- 38 - REYNAUD, P A The use of *Azolla* in West Africa In GRAHAM, P H , HARRIS, S C (Eds) Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture, Papers presented at a workshop held at CIAT Cali, Colombia March 9-13 1981, p 565-566
- 39 - SANCHEZ, L F y OWEN, B E Suelos ecuatoriales Memorias del Octavo Coloquio Nacional de la Ciencia del Suelo Fertilización de cultivos en los Llanos Orientales v 12 (1) 1982, p 167-172
- 40 - SINGH, P K Use of *Azolla* in rice production in India In Nitrogen an Rice International Rice Research Institute Los Baños, Laguna, Philippines 1979, p 407-418
- 41 - SUBUDHI, B P R and SINGH, P K Nutritive value of the water fern *Azolla pinnata* for Chicks Oficial Journal Of the Poultry Science Association v 57 (2) 1977, p 378-380
- 42 - SWAMINATHAN, M S Rice This member of the grass family, along with wheat and maize, is one of the three on which

- the human species largely subsists. Advances in the genetics of the plant have greatly increased its yields per acre. *Scientific American* v 250 (1) 1984 p 63-71
- 43 - TALLEY, S N and RAINS, D W. *Azolla filiculoides* Lam. As a fallow-season green manure for rice in a temperate climate. *Agronomy Journal* January-February v 72 (1) 1980 p 11-18
- 44 - TUAN, D T and THUYET, T Q. Use of *Azolla* in rice production in Vietnam. In *Nitrogen and Rice*. International Rice Research Institute. Los Baños Laguna Philippines 1979, p 395-405
- 45 - VALDES, M. Avances para una mejor utilización de la fijación biológica de nitrógeno como un recurso biótico. *Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (ACAC)* Bogotá Colombia v 6 (1) 1983 p 118-127
- 46 - VAN HOVE, C. DIARA H F. GODARD P. *Azolla* en Afrique de L Ouest in West Africa. Published by the *Azolla* project of the Africa Rice Development Association with support by a grant from the Belgian Administration for Development Cooperation 1983, 28 p
- 47 - WATANABE, I, BERJA N S. ESPINAS, C R and SUBUDHI, B P R. The *Azolla-Anabaena* complex and its use in rice culture. The International Rice Research Institute. Research Papers Series N° 69 1981 1 p
- 48 - WATANABE, I. ESPINAS, C R. BERJA, N S and ALIMANGO, B V. Utilization of the *Azolla-Anabaena* complex as a nitrogen fertilizer for rice. The International Rice Research Institute. Research Papers Series N° 11 1977, 15 p

- 49 - ZIMMERMAN, W J    The occurrence of *Azolla* in Colombia    In  
Aquatic Botany 13    1982, p 197-201

A N E X O S

## ANEXO 1

## OTRAS FUENTES DE INFORMACION

- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA Centro de Diagnostico Villavicencio
  
- INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA y adecuación de tierras, HIMAT, Regional G Unillanos
  
- UNIVERSIDAD NACIONAL Centro de Equipos Interfacultades (CEIF) Bogota
  
- UNIVERSIDAD NACIONAL Bogota Instituto de Ciencias Naturales

ANEXO N° 2 RESULTADOS DEL ANALISIS DE CUATRO MUESTRAS DE AGUAS TOMADAS EN VARIOS SITIOS DEL PIEDEMONTE LLANERO Y UNA MUESTRA DE AGUA DE UN CANAL DE LA SABANA DE BOGOTA LA LIBERTAD, PACHAQUIARO, BOGOTA 1983-B

LOCALIZACION	pH	C E mmhos/cm a 25 (	DORO ppm	CATIONES me / l					ANIONES me / l					RAS	CLASIFI CACION	
				Ca++	Mg++	Na +	K+	TOTAL CATIONES	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CHO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			TOTAL ANION
Rio	5.5	0.009	0.16	0.01	0.08	0.08	0.005	0.103	-	0.112	0.01	0.13	-	0.249	0.843	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>
Lluvia	5.5	0.001	0.04	0.01	0.08	0.003	0.001	0.022	-	0.112	0.01	0.09	-	0.209	0.31	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>
Pozo	4.1	0.06	0.10	0.07	0.03	0.03	0.02	0.15	-	0.28	0.08	0.22	-	0.58	0.13	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>
Laguna Pa chaquiara	6.1	0.03	0.08	0.9	0.06	0.01	0.05	1.02	-	0.28	0.02	0.22	-	0.52	0.01	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>
Canal de Bogotá	6.6	0.41	0.05	1.12	0.20	2.58	0.11	4.09	-	1.12	0.02	3.17	-	4.31	3.08	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>

Resultados según Laboratorio de Suelos ICA Tibaitata Bogotá

ANEXO N° 3 RESULTADOS DEL ANALISIS DE NITROGENO DEL AGUA CON Y SIN  
A *filiculoides* A LOS CUARENTA Y CINCO DIAS DE LA INOCU  
LACION, IA LIBERTAD 1984-A

TIPO DE AGUA	NO <sub>3</sub> (p p m)	NH <sub>4</sub> (p p m)
Sin A <i>filiculoides</i>	Menos de 0 05 (trazas)	0 05 (trazas)
Sombrio de <i>Azolla filiculoides</i> con polietileno	0 84	0 98
Sombrio de <i>Azolla filiculoides</i> con empaques ralos	1 12	1 12

Resultados segun laboratorio de suelos Tibaitatá ICA, Bogota

ANEXO N° 4 INFORMACION CLIMATOLOGICA EN EL CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - LA LIBERTAD DICIEMBRE /83 - AGOSTO /84

PARAMETRO	VALOR	DIC 1983	ENERO 1984	FEBRERO 1984	MARZO 1984	ABRIL 1984	MAYO 1984	JUNIO 1984	JULIO 1984	AGOSTO 1984
Brillor solar (en horas)	Total	209 2	167 2	148 8	137 7	109 0	156 2	82 2	141 6	134 4
	Media	6 7	5 8	5 5	4 8	3 9	5 4	2 7	4 9	4 7
	Maxima	10 7	6 8	10 0	8 7	8 8	11 0	9 4	10 4	8 7
Precipitacion (en mm)	Total Mensual	247 3	143 2	245 3	164 3	355 8	252 1	365 7	292 2	360 9
temperatura (en °C)	Media	25 4	25 1	25 6	26 2	25 5	25 3	23 8	24 4	24 3

NOTA La informacion arriba anotada corresponde a las condiciones que se presentaron durante el desarrollo del experimento sobre crecimiento de *A. tuberculoides*. Para los experimentos de arroz de riego y de secano que se realizaron en la Universidad Tecnologica de los Llanos Orientales no se presenta la informacion correspondiente, ya que el HIMAT no la tenia aun procesada al momento de su solicitud.

Fuente de Informacion HIMAT - Regional N° 5 Villavicencio

ANEXO N° 5 DATOS DE TEMPERATURA OBTENIDOS EN EL CAMPO DURANTE EL  
EXPERIMENTO DE CRECIMIENTO DE *Azolla filiculoides*

MES	TRATAMIENTO 1 SOMBRILO DE POLIETILENO T°C				MEDIA DE T° POR MES
ABRIL	8 A M	10 A M	12 M	2 P M	
10	25	27	29	31	
11	26	27 5	29 4	32	
12	26 2	28	29	33 6	
13	26	27	31 2	32	
16	25	26 5	30	28 5	
17	25	27 2	29	32	
19	24	26	28 2	31 5	
20	24 5	26	28	30	
23	24 2	27	27 2	33	
24	26	27	28	31	
25	25 5	24	23 5	23	
26	25	23	23	23	
27	24	24	27	31 5	
30	23 5	24 2	25	25	
MF DIA DE T°/HORA	25 12	26 09	27 76	29 94	27 22

ANEXO N° 6 DATOS DE TEMPERATURA OBTENIDOS EN EL CAMPO DURANTE  
EL EXPERIMENTO DE CRECIMIENTO DE *Azolla filiculoides*

MES	TRATAMIENTO 1 SOMBRIADO DE POLIETILENO T° C				MEDIA DE T /MES
MAYO	8 A M	10 A M	12 M	2 P M	
1	23	24 5	26	26 5	
2	24 2	26	28	27	
3	24 5	26 5	28	28	
4	25	27	30	33 5	
7	26	27 5	30	33 4	
8	26	27 5	29 5	33	
9	26 5	27	28 5	30 5	
10	26 5	27 5	29 5	30 2	
11	23	24 5	24	24 2	
14	24	26	28 5	28 5	
15	24	24 5	26 5	26	
16	25	27	26	28 2	
17	24 5	25 6	27 8	30	
18	24 8	25 5	26 5	26 5	
21	24 5	28	28	31 8	
22	24 3	26 5	28	31	
23	24	25 5	27	27 8	
24	23 5	26	28	28 5	
25	24 3	27	28 5	32 2	
28	25	26 8	28 5	28	
29	25	27	28 4	32	
30	26	28 5	29 5	33	
31	25 5	26	29 5	25 5	
MEDIA T°/HORA	24 74	26 38	28 00	29 36	27 12

ANEXO N° 7 DATOS DE TEMPERATURA OBTENIDOS EN EL CAMPO DURANTE EL  
EXPERIMENTO DE CRECIMIENTO DE *Azolla filiculoides*

MES	TRATAMIENTO 1 SOMBRIO DE POLIETILFNO T °C				MEDIA DE 1°/MES
JUNIO	8 A M	10 A M	12 M	2 P M	
1	24	26 5	28	31 5	
4	24 8	27 5	29	33	
5	24 4	26 8	27	28 2	
6	24 4	27	27 2	28 4	
7	23 8	26	26 8	28 2	
8	23 6	26 8	29	29 2	
11	25 5	28 2	29 2	29 4	
12	25 5	27 2	28 4	28 8	
13	24 2	27 4	27 6	27 8	
14	24 5	26 8	27 5	27 8	
15	25	27 2	27 2	27 6	
18	25 2	27 2	27 4	29 6	
19	26	27 4	27 4	31 2	
20	26	27 6	27 4	32	
21	24 8	26 4	26 8	31	
22	25 2	27 2	27 8	32	
25	25	26 8	26 8	31 2	
26	24 8	26 6	27 2	30 5	
MEDIA T°/HORA	24 81	27 03	27 65	29 85	27 33
MEDIA GR T°/HORA	24 89	26 5	27 8	29 71	

ANEXO N° 8 DATOS DE TEMPERATURA OBTENIDOS EN EL CAMPO DURANTE EL  
EXPERIMENTO DE CRECIMIENTO DE *Azolla filiculoides*

MES	TRATAMIENTO 2 SOMBRILO DE EMPAQUE T				MEDIA DE T° POP MES
ABRIL	8 A M	10 A M	12 M	2 P M	
10	25	28	30	32	
11	26	28	30	32	
12	26 2	28 5	30 2	34	
13	26	27	31 5	32	
16	25	26 5	30 2	28 5	
17	25	27 4	29 5	33	
18	27	27 2	29 5	32 4	
19	24	26	29 2	31 5	
20	24 5	26 2	28 2	31	
23	24 4	27	27 2	33	
24	26	27	28 2	31	
25	25 5	24	23 5	23	
26	25	23	23	23	
27	24	24	27 2	32	
30	23 5	25	25 2	25	
MEDIA T°/HORA	25 14	26 32	28 17	30 22	27 46

ANEXO N 9 DATOS DE TEMPERATURA OBTENIDOS EN EL CAMPO DURANTE  
EL EXPERIMENTO DE CRECIMIENTO DE *Azolla filiculoides*

MES	TRATAMIENTO 2 SOMBRIO DE EMPAQUE T°C				MEDIA DE T°C/MES
MAYO	8 A M	10 A M	12 M	2 P M	
1	23 2	24 5	26 2	26 2	
2	24 2	26	28 2	27 2	
3	24 5	25 6	27 8	28	
4	25	27 7	29 8	33 5	
7	26	27 6	30 2	33 4	
8	26	27 5	30	33 2	
9	26 5	27	28 6	30 5	
10	26 5	27 5	29 4	30 4	
11	23	24 5	24	24 2	
14	24	26 2	28 6	28 5	
15	24	26	26 5	25 8	
16	25	27 2	26	28 4	
17	24 5	25 6	27 8	30 2	
18	24 8	25 6	26 5	26 5	
21	24 5	28	28 2	32	
22	24 3	26 6	28 2	31	
23	24	25 5	27	27 8	
24	23 5	25 8	28	28 2	
25	24 3	27 2	28 5	32 2	
28	25	27	28 5	28	
29	25	27 2	28 6	32 2	
30	26	28 5	29 6	33 2	
31	25 5	26 2	26 6	26	
MEDIA T°/HORA	24 75	26 52	27 94	29 43	27 16

ANEXO N° 10 DATOS DE TEMPERATURA OBTENIDOS EN EL CAMPO DURANTE EL  
EXPERIMENTO DE CRECIMIENTO DE *Azolla filiculoides*

MES	TRATAMIENTO 2 SOMBRIO DE EMPAQUES T°C				MEDIA DE T POR MES
JUNIO	8 A M	10 A M	12 M	2 P M	
1	24	26 6	28	31 5	
4	24 8	27 5	29	33 2	
5	24 4	26 8	27	28 2	
6	24 4	27 2	27 2	28 6	
7	23 8	26 2	26 8	28 4	
8	23 6	26 8	29	29 2	
11	25 5	28 4	29 4	29 5	
12	25 5	27 4	28 6	29	
13	24 2	27 4	27 6	28	
14	24 5	26 8	27 6	27 8	
15	25	27 4	27 4	27 6	
18	25 2	27 2	27 6	30	
19	26	27 4	27 5	31 4	
20	26	27 8	27 5	32 2	
21	24 8	26 6	27	31	
22	25 2	27 4	27 8	32 2	
25	25	26 8	27	31 2	
26	24 8	26 8	27 4	30 6	
MEDIA T° /HORA	24 81	27 13	27 74	29 97	27 41
MEDIA GRU T /HORA	24 9	26 65	27 95	29 87	

ANEXO N° 11 DATOS DE TEMPERATURA OBTENIDOS EN EL CAMPO DURANTE  
EL EXPERIMENTO DE CRECIMIENTO DE *Azolla filiculoides*

MES	TRATAMIENTO 3 LIBRE EXPOSICION T°				MEDIA DE T POR MES
	8 A M	10 A M	12 M	2 P M	
10	25	29	31	34	
11	26	28 7	30	33	
12	26 2	29 4	31 5	34	
13	26	27 5	32 5	32 5	
16	25	26 4	30 2	28 5	
17	25	27 5	30 2	33 2	
18	27	27 8	29 8	32 6	
19	24	26	29 2	31 5	
20	24 5	26 2	29	31 5	
23	24 2	27	27 5	33	
24	26	27	28 2	31 5	
25	25 5	24	23 5	23	
26	25	23	23	23	
27	24	24	27 4	32	
30	23 5	24 8	25 2	25	
MEDIA T /HORA	25 12	26 52	28 54	30 55	27 68

ANEXO N° 12 DATOS DE TEMPERATURA OBTENIDOS EN EL CAMPO DURANTE EL  
EXPERIMENTO DE CRECIMIENTO DE *Azolla filiculoides*

MES	TRATAMIENTO 3 LIBRE EXPOSICION T C				MEDIA DE T°/ME°
MAYO	8 A M	10 A M	12 M	2 P M	
1	23 2	24 8	26 4	26 8	
2	24 2	25 8	28 4	27 2	
3	24 5	26 2	28	28 2	
4	25	27 2	29 8	33 8	
7	26	27 8	30 2	33 6	
8	26	27 5	30	33 4	
9	26 5	27 2	28 6	30 6	
10	26 5	27 5	29 5	30 6	
11	23	24 5	24	24 2	
14	24	26 2	28 6	28 6	
15	24	26	26 5	25 8	
16	25	27 2	26 2	28 4	
17	24 5	25 8	28	30 4	
18	24 8	25 6	26 8	26 6	
21	24 5	28	28	32	
22	24 3	26 6	28 4	31 2	
23	24	25 6	27 2	28	
24	23 5	25 8	28 2	28 6	
25	24 3	27 2	28 5	32 2	
28	25	27	28 5	28	
29	25	27 2	28 6	32 2	
30	26	28 6	29 8	33 4	
31	25 5	26 2	26 8	26	
MEDIA T /HORA	24 75	26 58	28 04	29 55	27 23

ANEXO N° 13 DATOS DE TEMPERATURA OBTENIDOS EN EL CAMPO DURANTE EL  
EXPERIMENTO DE CRECIMIENTO DE *Azolla filiculoides*

MES	TRATAMIENTO 3 LIBRE EXPOSICION T°C				MEDIA DE T° POR MES
JUNIO	8 A M	10 A M	12 M	2 P M	
1	24	26 6	28 2	31 6	
4	24 8	27 6	29	33 2	
5	24 4	26 8	27 2	28 2	
6	24 4	27 2	27 2	28 2	
7	23 8	26 2	27	28 4	
8	23 6	26 8	29	29 2	
11	25 5	28 6	29 4	29 5	
12	25 5	27 5	28 6	29 2	
13	24 2	27 5	27 6	28	
14	24 5	26 8	27 8	27 8	
15	25	27 6	27 5	27 6	
18	25 2	27 2	27 6	30 2	
19	26	27 5	27 6	31 2	
20	26	27 8	27 6	32 4	
21	24 8	26 6	27 5	32 4	
22	24 2	27 6	27 2	31 2	
25	25	27	27 4	30 6	
26	24 8	27	-	30 6	
MEDIA T° / HORA	24 81	27 21	27 84	29 95	27 45
MEDIA T° GRAL/H	24 89	26 77	28 14	30 01	

ANEXO N° 14 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE AREA DE CUBRIMIENTO POR EPOCAS

EPOCAS (DIAS)		FUENTE DE VARIACION			C V	$\bar{x}$	F (
		TTO	ERROR	TOTAL			
7	GL SC CM	2 68 22 34 111	6 319 333 53 222	8 387 555	28 3 /	25 /8	0 6 NS
14	GL SC CM	2 56880220 28 440	6 33635333 5605 888	8 90515 555	42 0 /	178 222	5 07*
21	GL SC CM	2 568032 000 284016 000	6 1173696 000 195616 000	8 1741728 000	62 1 /	712 000	1 45NS
28	GL SC CM	2 795822 222 397911 111	6 567733 333 94622 222	8 1363555 555	29 6	1037 770	4 21NS
35	GL SC CM	2 184088 888 92044 440	6 180533 333 30088 880	8 364622 222	11 5	1495 500	3 06NS
42	GL SC CM	2 532266 666 266133 333	6 2203733 333 367288 888	8 2736000 000	25 4 /	2386 000	0 72NS
49	GL SC CM	2 2481422 222 1240711 111	6 4854400 000 809066 666	8 7335822 222	25 3 /	3555 555	1 53NS
63	GL SC CM	2 4622 222 2311 111	6 8806400 000 146733 333	8 8811022 222	39 9	3035 555	0 00NS
77	GL SC CM	2 10865422 222 5432711 111	6 5645866 666 940977 777	8 16511288 888	38 3 /	2528 880	5 77*

\* = Diferencias estadísticas significativas

NS = No significativo

ANEXO N° 15 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE AREA DE CUBRIMIENTO (A  
LOS 14 DIAS DE INOCULADA *Azolla filiculoides*)

TRATAMIENTO	PROMEDIO	
<i>Azolla</i> bajo empaques malos	277 0	A
<i>Azolla</i> a libre exposicion	175 3	AR
<i>Azolla</i> bajo polietileno	82 3%	R

ANEXO N° 16 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE AREA DE CUBRIMIENTO (A  
LOS 77 DIAS DE INOCULADA *Azolla filiculoides*)

TRATAMIENTO		PROMEDIOS	
<i>Azolla</i>	bajo polietileno	4000 0	A
<i>Azolla</i>	a libre exposición	2226 7	AB
<i>Azolla</i>	bajo empaque	1360 0	B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 17 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE BIOMASA VERDE POR EPOCAS

EPOCA (DIAS)		FUENTE DE VARIACION			C V	$\bar{X}$	F C
		TTO	ERROR	TOTAL			
7	GL	2	6	8	24 4	0 902	4 79NS
	SC	0 467	0 292	0 159			
	CM	0 233	0 048				
14	GL	2	6	8	33 7	11 240	4 46NS
	SC	128 503	86 504	215 008			
	CM	64 251	14 417				
21	GL	2	6	8	46 6	42 164	3 45NS
	SC	2669 810	2322 132	4991 942			
	CM	1334 905	387 022				
28	GL	2	6	8	39 0	65 59	4 56NS
	SC	6003 656	3496 250	9949 907			
	CM	3001 828	657 708				
35	GL	2	6	8	15 3	122 950	27 99**
	SC	19600 486	2100 673	21701 142			
	CM	9800 234	350 112				
42	GL	2	6	8	30 1	169 420	4 57NS
	SC	23834 735	15632 660	39467 395			
	CM	11917 367	2605 443				
49	GL	2	6	8	24 6	212 977	2 55NS
	SC	14006 842	16450 473	30457 315			
	CM	7003 421	2741 745				
63	GL	2	6	8	23 4	188 044	1 36NS
	SC	5310 282	11689 180	17000 062			
	CM	2655 441	1948 196				
77	GL	2	6	8	37 5	146 811	1 71NS
	SC	10417 055	18235 993	28652 548			
	CM	5208 527	3039 248				

\*\* = Diferencias estadísticas altamente significativas

N S = No significativo

ANEXO N° 18 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE BIOMASA VERDE ( A LOS 35 DIAS DE INOCULADA *Azolla filiculoides*)

TRATAMIENTOS		PROMEDIO	
<i>Azolla</i>	bajo empaque ralos	163 6	A
<i>Azolla</i>	a libre exposicion	145 4	A
<i>Azolla</i>	bajo polietileno	56 8	B

Promedio con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 19 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE BIOMASA SECA POR EPOCAS

EPOCA (DIAS)		FUENTE DE VARIACION			C V	$\bar{X}$	F C
		TTO	ERROR	TOTAL			
7	GL	2	6	8	18 9/	0 028	2 07NS
	SC	0 00012	0 00018	0 0003			
	CM	0 00006	0 00003				
14	GL	2	6	8	36 4/	0 225	5 47*
	SC	0 074	0 040	0 115			
	CM	0 037	0 006				
21	GL	2	6	8	55 2	1 255	2 91NS
	SC	2 720	2 880	5 660			
	CM	1 394	0 420				
28	GL	2	6	8	41 2%	2 385	5 34NS
	SC	10 357	5 818	16 175			
	CM	5 178	0 969				
35	GL	2	6	8	13 8/	3 931	30 36**
	SC	17 998	1 778	19 776			
	CM	8 999	0 296				
42	GL	2	6	8	28 0%	6 062	4 3NS
	SC	25 297	17 369	42 666			
	CM	12 648	2 894				
49	GL	2	6	8	30 8%	10 423	2 16NS
	SC	44 565	61 844	106 409			
	CM	22 282	10 307				
63	GL	2	6	8	51 9/	7 061	1 78NS
	SC	47 991	80 701	128 693			
	CM	23 995	13 450				
77	GL	2	6	8	50 4/	7 514	1 63NS
	SC	46 652	86 091	132 743			
	CM	23 326	14 48				

- \* = Diferencias estadísticas significativas  
 \*\* = Diferencias estadísticas altamente significativas  
 N S = No significativo

ANEXO N° 20 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE BIOMASA SECO ( A LOS 14  
DIAS DE INOCULADA *Azolla filiculoides*)

TRATAMIENTOS	PROMEDIO
<i>Azolla</i> bajo empaque ralos	0 3      A
<i>Azolla</i> a libre exposición	0 2      AB
<i>Azolla</i> bajo polietileno	0 1      B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 21 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE BIOMASA SECO ( A LOS 35 DIAS DE INOCULADA *Azolla filiculoides*)

TRATAMIENTOS		PROMEDIO	
Azolla	bajo empaques ratos	5 0	A
Azolla	a libre exposicion	4 8	A
Azolla	bajo polietileno	1 9	B

Promedios con la misma letra no presenta diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 22 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE PORCENTAJE DE NITROGENO POR EPOCAS

EPOCA (DIAS)		FUENTE DE VARIACION			C V	$\bar{X}$	F C
		TTO	ERROR	TOTAL			
7	GL	2	6	8	15.3	2.255	1.71NS
	SC	0.410	0.721	1.132			
	CM	205	0.120				
14	GL	2	6	8	16.1	2.512	0.26NS
	SC	0.084	0.988	1.072			
	CM	0.042	0.164				
21	GL	2	6	8	24.4	2.812	0.87NS
	SC	0.823	2.840	3.663			
	CM	0.411	0.47				
28	GL	2	6	8	10.9	2.643	13.19**
	SC	2.194	0.490	2.693			
	CM	1.093	0.083				
35	GL	2	6	8	5.4	2.631	8.58**
	SC	3.625	0.122	3.748			
	CM	1.812	0.020				
42	GL	2	6	8	15.6	2.275	7.28*
	SC	1.852	0.763	2.615			
	CM	0.926	0.127				
49	GL	2	6	8	11.3	2.067	1.64NS
	SC	0.170	0.328	0.507			
	CM	0.085	0.054				
63	GL	2	6	8	12.6	2.055	9.43**
	SC	1.276	0.405	1.682			
	CM	0.638	0.067				
77	GL	2	6	8	9.6	1.940	3.65NS
	SC	0.258	0.211	0.470			
	CM	0.129	0.035				

\* = Diferencias estadísticas significativas

\*\* = Diferencias estadísticas altamente significativas

NS = No significativo

ANEXO N° 23 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE PORCENTAJE DE NITROGENO ( A LOS 28 DIAS DE INOCULADA LA *Azolla filiculoides*)

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	
<i>Azolla</i> bajo polietileno	3 3	A
<i>Azolla</i> bajo empaque ralo	2 4	AB
<i>Azolla</i> a libre exposición	2 2	B

Promedios con la misma letra no presentan diferencia estadísticas significativas



ANEXO N° 24 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE NITROGENO  
( A LOS 35 DIAS DE INOCULADA *Azolla filiculoides*)

TRATAMIENTOS		PROMEDIO	
<i>Azolla</i>	bajo polietileno	3 5	A
<i>Azolla</i>	bajo empaques ralos	2 3	B
<i>Azolla</i>	a libre exposicion	2 0	B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 25 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE NITROGENO  
( A LOS 42 DIAS DE INOCULADO *Azolla filiculoides*)

TRATAMIENTOS		PROMEDIOS	
<i>Azolla</i>	bajo polietileno	2 906	A
<i>Azolla</i>	bajo empaques ralos	2 060	AB
<i>Azolla</i>	a libre exposición	1 860	B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 26 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE NITROGENO  
A LOS 63 DIAS DE INOCULADA *Azolla filiculoides*)

TRATAMIENTOS		PROMEDIOS	
<i>Azolla</i>	bajo polietileno	2 4	A
<i>Azolla</i>	a libre exposicion	2 1	AB
<i>Azolla</i>	bajo empaque ralo	1 5	B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 27 ANALISIS DE VARIANZA PARA LAS SIGUIENTES VARIABLES EN  
EL ECOSISTEMA DE ARROZ DE SECANO

		N° Macollas/planta			C V	$\bar{X}$	F C
		Fuente de Variación					
		Tto	Error	Total			
GL	2	12	14				
SC	0 26533	3 424	3 6893	19 5%	2 726	0 464 NS	
CM	0 13266	0 28533					
		Altura de las Plantas					
GL	2	12	14				
SC	633 668	137 872	771 541	5 0%	66 698	27 576**	
CM	316 83	11 489					
		N° Panícula / Planta					
GL	2	12	14				
SC	0 5239	0 2045	0 7285	9 4%	1 3/5	15 3/0**	
		Longitud de las Panículas					
GL	2	12	14				
SC	10 028	3 628	13 656	3 1%	17 210	16 58**	
CM	5 014	0 30239					
		N Granos / Panícula					
GL	2	12	14				
SC	645 326	372 355	1017 682	10 0%	55 232	10 398**	
		N Granos llenos / Panícula					
GL	2	12	14				
SC	995 164	741 572	1736 737	19 8%	39 610	8 051**	
CM	497 582	61 7977					
		N° Granos Vanos /Panícula					
GL	2	12	14				
SC	273 963	290 183	564 147	30 9%	15 883	5 664**	
CM	136 981	24 181					
		Peso seco de grano/panícula					
GL	2	12	14				
SC	0 736	0 304	1 040	18 2%	0 846	14 5**	
CM	0 368	0 025					

\* = Diferencias estadísticas significativas

\*\* = Diferencias estadísticas altamente significativas

NS = No significativo

## ANEXO N° 28 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE ALTURA DE LAS PLANTAS

TRATAMIENTO	PROMEDIO
Arroz + Urea + KCl	74.3 A
Arroz + Azolla 5 ton/ha + KCl	67.4 B
Arroz testigo	58.4 C

Promedio con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

## ANEXO N° 29 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE NUMERO DE PANICULAS

TRATAMIENTO		PROMEDIO
Arroz + Urea + KCl	2 4	A
Arroz + Azolla sp 5 ton/Ha + KCl	2 1	A
Arroz testigo	1 3	B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 30 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE LONGITUD DE LA PANICULA  
POR PLANTA

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	
Arroz testigo	18 4	A
Arroz + Urea + KCl	16 8	B
Arroz + Azolla 5 ton/Ha + KCl	16 5	B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 31 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE NUMERO DE GRANOS POR PANICULA

TRATAMIENTO	PROMEDIO
Arroz + Urea + KCl	64 1 A
Arroz testigo	48 5 B
Arroz + Azolla 5 ton/Ha	53 0 B

Promedio con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 32 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE NUMERO DE GRANOS LLENOS  
POR PANICULA

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	
Arroz + Urea + KCl	47 5	A
Arroz + Azolla 5 ton/Ha + KCl	42 8	A
Arroz testigo	28 4	B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 33 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE NUMERO DE GRANOS VANOS POR PANICULA.

TRATAMIENTO	PROMEDIO	
Arroz testigo	20 2	A
Arroz + Urea + KCl	17 3	AB
Arroz + Azolla 5 ton/Ha + KCl	10 1	B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 34 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE PESO SECO DE LOS GRANOS  
POR PANICULA

TRATAMIENTO	PROMEDIO
Arroz + Urea + KCl	1 1 A
Arroz + Azolla 5 ton/Ha	0 9 A
Arroz testigo	0 6 B

promedio con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 35    CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA INICIAL Y FINAL EN EL SUELO EMPLEADO PARA LOS ECOSISTEMAS DE ARROZ DE SECANO Y DE RIEGO    UNILLANOS 1984-B

PORCENTAJE DE MATERIA ORGANICA	
INICIAL EN	FINAL EN
Arroz de Secano	Arroz de Secano
1 29	Arroz + Azolla 5 ton/Ha = 1 740
	Arroz + Urea = 1 638
	Arroz Testigo = 1 386
Arroz de Riego	Arroz de Riego
1 29	Arroz Testigo = 1 55
	Arroz + Azolla 5 ton/Ha = 1 12
	Arroz + Urea = 0 95

Resultados segun laboratorio de suelo Unillanos

1 de 1

ANEXO N° 36 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA VARIABLES EN EL ECOSISTEMA  
DE ARROZ DE RIEGO

N° de macollas / planta						
	Fuente de Variación			C V	$\bar{X}$	F C
	Tto	Error	Total			
GL	3	16	19			
SC	3 2/2	7 816	6 098	16 5%	2 540	6 196**
CM	1 0906	0 176				
Altura de las Plantas						
GL	3	16	19			
SC	170 25	176 95	347 21	4 0%	81 94	5 13*
CM	56 752	11 059				
Numero de panículas/planta						
GL	3	16	19			
SC	4 246	3 216	7 462	18 9/	2 3/	7 041**
CM	1 415	0 201				
Longitud de la Panícula						
GL	3	16	19			
SC	19 891	101 514	121 405	10 1%	24 89	1 045 NS
CM	6 630	6 344				
N° de granos / panícula						
GL	3	16	19			
SC	1994 884	4131 879	6126 763	13 5%	118 88	2 574 NS
CM	664 961	258 242				
N° de granos llenos/panícula						
GL	3	16	19			
SC	1259 161	2304 891	3564 052	14 8/	80 5/15	2 913 NS
CM	419 72	144 055				
N° granos vanos/panícula						
GL	3	16	19			
SC	643 933	1391 181	2035 114	24 6/	37 809	2 468 NS
CM	214 644	86 948				
Peso seco del grano/panícula						
GL	3	16	19			
SC	0 847	1 010	1 858	14 5/	1 724	4 4/*
CM	0 282	0 063				

\* = Diferencias estadísticas significativas

\*\* = Diferencias estadísticas altamente significativas

NS = No significativo

ANEXO N° 37 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE NUMERO DE MACOLLAS POR PLANTA

TRATAMIENTOS		PROMEDIOS
Arroz + Urea + KCl	3 2	A
Arroz testigo	2 6	AB
Arroz + Azolla 5 ton/Ha + KCl	2 2	B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

## ANEXO N° 38 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE ALTURA DE LAS PLANTAS

TRATAMIENTOS		PROMEDIOS
Arroz + Urea + KCl	85 9	A
Arroz + Azolla 5 ton/Ha + KCl	81 9	AB
Arroz testigo	77 7	B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 39 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE NUMERO DE PANICULAS POR PLANTA

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	
Arroz + Urea + KCl	3 2	A
Arroz + Azolla 5 ton/Ha + KCL	2 2	B
Arroz testigo	2 0	B

Promedio con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 40 PRUEBA TUKEY PARA LA VARIABLE PESO SECO DEL GRANO POR PANICULA

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS
Arroz + Azolla 5 ton/Ha + KCl	2 0 A
Arroz + Urea + KCl	1 8 AB
Arroz testigo	1 4 B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

ANEXO N° 41 RESULTADOS DEL PESO SECO DE MIL GRANOS Y DETERMINACION DE NITROGENO FOLIAR POR TRATAMIENTOS EN LOS ECOSISTEMAS DE ARROZ DE SECANO Y DE RIEGO

ARROZ DE SECANO		
TRATAMIENTO	PESO SECO DE MIL GRANOS (gr)	% NITROGENO DETERMINADO EN EL ANALISIS FOLIAR DE ARROZ
Arroz + <i>Azolla</i> sp (5 ton/Ha)	21 0487	1 27
Arroz + Urea	23 6636	1 66
Arroz Testigo	20 07793	1 18
ARROZ DE RIEGO		
Arroz + <i>Azolla</i> sp (5 ton/Ha)	22 5303	1 46
Arroz + Urea	23 23	1 36
Arroz Testigo	21 31	1 20