

MINISTERIO DE EDUCACION Y CULTURA  
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFECTO DE DOSIS Y FORMAS DE APLICACION DEL  
FERTILIZANTE FOSFATADO SOBRE EL CRECIMIENTO  
Y PRODUCCION DE SOJA (*Glycine max* (L.)  
Merrill).

FACULTAD DE AGRONOMIA

Por

  
DEPARTAMENTO DE  
DOCUMENTACION Y  
BIBLIOTECA

B. GABRIEL DAMBRAUSKAS

FERNANDO FABBIANI

TESIS presentada como uno de los  
requisitos para obtener el título  
de Ingeniero Agrónomo.

(Orientación Agrícola-Ganadera).

Montevideo

URUGUAY

1984

30 ENE 1984

(10 días)

Tesis aprobada por:

Director: Prof. Agr. A. Rabuffetti.  
Nombre completo y firma

Prof. Agr. A. Chiarattone  
Nombre completo y firma

Prof. Agr. José Zamalvide  
Nombre completo y firma

Prof. Agr. Vieja.

Fecha: \_\_\_\_\_

Autores: BOLIVAR GABRIEL OMBREDUTKAJ EDN ROMAN B. Ombredutka  
Nombre completo y firma

FERNANDO ROBERTO FABBIANI ELZAURDIA fabbian  
Nombre completo y firma

## AGRADECIMIENTOS

- Al Director del presente trabajo: Ingeniero Agrónomo Armando Rabuffetti, por la orientación durante todo el trabajo.
- A las Cátedras de Edafología y Fertilidad y Fertilizantes, por la invalorable colaboración en los trabajos de campo y laboratorio.
- Al Ingeniero Agrónomo Enrique Cuñetti, por la siembra del ensayo.
- A la División Raciones de la Dirección de Laboratorios de Análisis, del Ministerio de Agricultura y Pesca, por la colaboración prestada.
- A la Cátedra de Estadística de la Facultad de Agronomía, por la colaboración en los Análisis Estadísticos.
- A la División Computación de la Universidad de la República, por su participación en los estudios por correlación y regresión.
- A todo el personal de la Biblioteca de la Facultad de Agronomía, por su orientación durante la realización del trabajo.
- A la Dirección Nacional de Meteorología, por permitirnos extraer los datos de lluvia y temperatura.
- A todo el personal de la Facultad de Agronomía, que directa o indirectamente colaboró en este trabajo.
- A los Ingenieros Agrónomos Luis Salvarrey y Luis P. Reyes, por su valiosa orientación en los Análisis Estadísticos.
- Al Sr. Rubí Denes, quién, en vida, supo ser más que un compañero.

- A los Sres.: Teresa Roda, Mariano Elzaurdia, Eduardo Cruz, Ennio Fabbiani y Boleslao Dambrauskas, por haber hecho posible la publicación del presente trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VI
I. <u>INTRODUCCION</u> .....	1
II. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u> .....	3
A. CRECIMIENTO DE LA SOJA .....	4
B. NUTRICION FOSFATADA .....	21
III. <u>MATERIALES Y METODOS</u> .....	60
A. UBICACION .....	61
B. CLIMA .....	61
C. SUELO .....	62
D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	64
E. MANEJO DEL ENSAYO .....	66
F. MUESTREOS .....	67
G. TRABAJOS DE LABORATORIO .....	69
H. ANALISIS ESTADISTICOS .....	72
VI. <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u> .....	73
A. CONSIDERACIONES GENERALES .....	74
B. COSECHA .....	75
C. COMPOSICION QUIMICA .....	84
D. CRECIMIENTO Y ACUMULACION DE FOSFORO .....	87
E. AJUSTE DE CURVAS DE CRECIMIENTO .....	123
V. <u>RESUMEN Y CONCLUSIONES</u> .....	146
VI. <u>LITERATURA CITADA</u> .....	153

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1 Temperaturas Normales registradas al abrigo meteorológico (en ° C), para el período 1901-1973 y para el ciclo agrícola 1979-1980.....	61
2 Temperaturas geotermicas medias mensuales registradas para el período agrícola 1979-1980.....	62
3 Lluvias medibles registradas para el período 1950-1980 (Normales) y para el ciclo agrícola 1979-1980, y días con lluvias medibles para este último.....	63
4 Algunas propiedades físicas y químicas del suelo del ensayo.....	64
5 Tratamientos realizados.....	65
6 Rendimiento en grano para todas las combinaciones posibles de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en Bandas y P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> al Voleo.	75
7 Análisis de varianza para rendimiento de grano.	75
8 Peso de las 1.000 semillas para todas las combinaciones posibles de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en Bandas y P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> al Voleo.....	77
9 Análisis de varianza para peso de las 1.000 semillas.....	77
10 Porcentaje de fósforo en el grano para todas las combinaciones posibles de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en Bandas y P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> al Voleo.....	78
11 Análisis de varianza para porcentaje de fósforo en el grano.....	79

12	Porcentaje de nitrógeno en el grano para todas las combinaciones posibles de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en Bandas y P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> al Voleo.....	80
13	Análisis de varianza para porcentaje de nitrógeno en el grano.....	80
14	Kilogramos de fósforo acumulados en el grano para todas las combinaciones posibles de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en Bandas y P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> al Voleo.....	81
15	Análisis de varianza para kilogramos de fósforo removidos por el grano.....	81
16	Kilogramos de nitrógeno acumulados en el grano para todas las combinaciones posibles de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en Bandas y P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> al Voleo.....	82
17	Análisis de varianza para kilogramos de nitrógeno removidos por el grano de soja.....	83
18	Porcentaje de fósforo en los folíolos para todas las combinaciones posibles de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en Bandas y P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> al Voleo.....	84
19	Análisis de varianza para porcentaje de fósforo en los folíolos de soja.....	85
20	Porcentaje de nitrógeno en los folíolos para todas las combinaciones posibles de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en Bandas y P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> al Voleo.....	86
21	Análisis de varianza para porcentaje de nitrógeno en los folíolos de soja.....	86
22	Evolución de la materia seca total, vegetativa y reproductiva, acumulada durante el crecimiento, como promedio de los 9 tratamientos de fertilización fosfatada.....	88
23	Tasas de acumulación de materia seca vegetativa, reproductiva y total, como promedio de los 9 tratamientos de fertilización.....	89

Cuadro No.	Página
24 Evolución de los componentes del peso seco de la soja, durante el crecimiento.....	92
25 Análisis de varianza para producción de materia seca total.....	93
26 Análisis de varianza para producción de materia seca vegetativa.....	94
27 Análisis de varianza para producción de materia seca reproductiva.....	95
28 Acumulación de materia seca vegetativa, reproductiva y total, para los promedios de las 3 dosis en Bandas y las 3 de Voleo.....	97
29 Evolución del porcentaje de fósforo en la materia seca vegetativa, reproductiva y total, durante el crecimiento, como promedio de los 9 tratamientos de fertilización.....	102
30 Evolución del porcentaje de fósforo en la materia seca total y sus componentes, para los 9 tratamientos de fertilización.....	107
31 Análisis de varianza para porcentaje de fósforo en la materia seca total.....	108
32 Análisis de varianza para porcentaje de fósforo en la materia seca vegetativa.....	109
33 Análisis de varianza para porcentaje de fósforo en la materia seca reproductiva.....	110
34 Concentración de fósforo en las fracciones vegetativa, reproductiva y total, a los 106 días post-siembra.....	112
35 Concentración de fósforo en la fracción vegetativa, a los 127 días post-siembra.....	113
36 Concentración de fósforo en la fracción reproductiva, a los 147 días post-siembra.....	113

37	Evolución del porcentaje de fósforo en las fracciones vegetativa, reproductiva y total, durante el crecimiento, para los promedios de las 3 dosis de Voleo.....	114
38	Evolución de los kilogramos de fósforo acumulados por las fracciones vegetativa, reproductiva y total, durante el crecimiento, como promedio de los 9 tratamientos de fertilización.....	118
39	Evolución de las tasas diarias de acumulación de fósforo en las fracciones vegetativa, reproductiva y total, durante el crecimiento, como promedio de los 9 tratamientos de fertilización	121
40	Acumulación de fósforo en la materia seca total, y sus componentes, durante el crecimiento, para los 9 tratamientos de fertilización.....	124
41	Análisis de varianza para kilogramos de fósforo acumulados en la materia seca total.....	125
42	Análisis de varianza para kilogramos de fósforo acumulados en la materia seca vegetativa.....	126
43	Análisis de varianza para kilogramos de fósforo acumulados en la materia seca reproductiva.....	127
44	Acumulación de fósforo en las fracciones vegetativa, reproductiva y total, a los 106 días post-siembra.....	128
45	Coefficientes de regresión, su significación y coeficientes de determinación, obtenidos por ajuste del modelo.....	132
46	Acumulación comparativa de materia seca total por el Método Clásico y por Regresión Múltiple, durante el ciclo de crecimiento.....	133
47	Análisis de varianza del modelo ajustado para la materia seca total.....	134

48	Evolución comparativa de las tasas diarias de acumulación de materia seca total, obtenidas por el Método Clásico y por Regresión Múltiple.....	135
49	Acumulación comparativa de materia seca vegetativa por el Método Clásico y por Regresión Múltiple, durante el crecimiento.....	136
50	Análisis de varianza del modelo ajustado para la materia seca vegetativa.....	137
51	Evolución comparativa de las tasas diarias de acumulación de materia seca vegetativa, obtenidas por el Método Clásico y por Regresión Múltiple.....	138
52	Acumulación de fósforo en la materia seca total durante el crecimiento, obtenida por el Método Clásico y por Regresión Múltiple.....	139
53	Análisis de varianza del modelo ajustado para kilogramos de fósforo acumulados en la materia seca total.....	140
54	Tasas de acumulación de fósforo por la materia seca total, durante el crecimiento, obtenidas por el Método Clásico y por Regresión.....	141
55	Kilogramos de fósforo acumulados en la fracción vegetativa, durante el crecimiento, obtenidos por el Método Clásico y por Regresión.....	142
56	Análisis de varianza del modelo ajustado para kilogramos de fósforo acumulados en la fracción vegetativa.....	143
57	Tasas de acumulación de fósforo por la materia seca vegetativa, durante el crecimiento, obtenidas por el Método Clásico y por Regresión.....	144

1	Acumulación de materia seca total, vegetativa y reproductiva, durante el crecimiento.....	87
2a	Acumulación de materia seca total por los promedios de los tratamientos con fertilización en Bandas.....	98
2b	Acumulación de materia seca vegetativa por los promedios de los tratamientos con fertilización en Bandas.....	98
2c	Acumulación de materia seca reproductiva por los promedios de los tratamientos con fertilización en Bandas.....	99
3	Evolución del porcentaje de fósforo en la materia seca total, vegetativa y reproductiva.....	102
4	Acumulación de materia seca total y fósforo total, en relación al máximo alcanzado.....	104
5a	Porcentaje de fósforo en la materia seca total, para los promedios de los tratamientos fertilizados al Voleo.....	114
5b	Porcentaje de fósforo en la materia seca vegetativa, para los promedios de los tratamientos fertilizados al Voleo.....	115
5c	Porcentaje de fósforo en la materia seca reproductiva, para los promedios de los tratamientos fertilizados al Voleo.....	115
6	Acumulación de fósforo en la materia seca total, vegetativa y reproductiva.....	119
7	Acumulación de materia seca total observada por el Método Clásico y estimada por Regresión.....	135
8	Acumulación de materia seca vegetativa observada por el Método Clásico y estimada por Regresión.....	137

Gráfica No.

Página

9	Acumulación de fósforo en la materia seca total observada por el Método Clásico y estimada por Regresión.....	139
10	Acumulación de fósforo en la fracción vegetativa observada por el Método Clásico y estimada por Regresión.....	142

SR. LECTOR: Este libro ha sido adquirido para beneficio suyo y de sus compañeros. El manejo cuidadoso que Ud. tenga a bien brindarle, permitirá un mejor y más prolongado aprovechamiento de la información que contiene.

Por tal motivo le solicitamos:

1. No subrayar el texto.
2. No tomar mate cerca del libro.
3. No hacer reparaciones con cinta scotch.
4. Cuando retire un libro, si detecta alguna anomalía o deterioro en el estado físico del mismo, tenga a bien denunciarlo inmediatamente al Bibliotecario de Sección Préstamos.

Atentamente,

LA DIRECCION

---

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

FACULTAD DE AGRONOMIA



DEPARTAMENTO DE  
DOCUMENTACION Y  
BIBLIOTECA

## I.- INTRODUCCION -

En los últimos 10 años, la producción de soja, (*Glycine max* (L.) Merrill) ha cobrado importancia creciente en el país.

A pesar de esto, la información disponible a nivel nacional, sobre acumulación de materia seca y nutrientes en las diferentes etapas que componen el ciclo de crecimiento de este cultivo, resulta insuficiente, pues hasta el momento, no ha sido caracterizado el crecimiento del cultivo.

La tecnología aplicada a este cultivo, implica, necesariamente, costos elevados. Dentro de éstos, el rubro fertilizantes representa alrededor del 20 por ciento.

Tradicionalmente, la soja es reconocida como de buen poder de utilización del fósforo residual. Sin embargo, en nuestro país, por ser los suelos naturalmente deficientes en este elemento, el cultivo se fertiliza, en promedio, con 80 a 90 kilogramos de  $P_2O_5$  por hectárea.

Existe escasa información referida a la forma mas adecuada de distribuir el fósforo agregado en el perfil del suelo, para los distintos suelos del Uruguay.

El presente trabajo intenta caracterizar el crecimiento del cultivo de soja, así como obtener información complementaria referida a la aplicación y localización del fertilizante fosfatado en un Brunosol Subeutrico Típico de nivel medio a alto de fósforo disponible.

REVISION BIBLIOGRAFICA

## II. - REVISION BIBLIOGRAFICA -

### A. CRECIMIENTO DE SOJA

#### 1. Acumulación de materia seca en la parte aérea

Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), trabajaron con la variedad Lee, en un ensayo de tres años consecutivos. Los años 1966 y 1968 no fueron favorables para la producción de soja. Para el año 1967, encontraron que la acumulación total de materia seca fue de 13.897 kilogramos por hectárea a los 140 días post-siembra.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 a y b), realizaron en Ohio estudios sobre la acumulación de materia seca por la planta de soja. Para la descripción de los estadios de crecimiento, utilizaron la clasificación propuesta por Kalton, R.R., Weber, C.R. y Eldredge, J.C. (1949). Asumieron un peso seco total de la planta a la madurez, de 10.000 kilogramos por hectárea al incluir las hojas caídas, y de 5.000 a 6.000 kilogramos por hectárea al no incluirlas. En este último caso, el máximo se alcanzó entre los 90 y 100 días post-siembra, y varió entre 7.000 y 8.000 kilogramos de materia seca por hectárea. Esto fue así, ya que a partir del estadio 9, de incluir las hojas caídas la tasa de crecimiento disminuyó y al no incluirlas se volvió negativa.

Egli, D.B. y Leggett, J.E. (1973), en un estudio de 2 años consecutivos, en donde se comparó la acumulación de materia seca entre dos variedades, una determinada y otra indeterminada, reportaron que no existieron diferencias

apreciables entre variedades o años en el total de materia seca producida, y que la misma alcanzó un pico de 7.000 kilogramos por hectárea, a los 120 días post-siembra. Sus datos muestra, que la materia seca total acumulada, disminuye después del período pico. Encontraron diferencias en la acumulación relativa de materia seca entre variedades. Al inicio de la floración, la variedad determinada acumuló del 80 al 87 por ciento de su máximo peso, y la variedad indeterminada del 40 al 52 por ciento del mismo.

Barber, S.A. (1978), trabajando con la variedad Williams, por 3 años consecutivos: 1973 a 1975 inclusive, observó que la materia seca total acumulada, alcanzó un máximo de 8.500 kilogramos por hectárea a los 100 días post-siembra y después decreció. La materia seca acumulada, en cada uno de los 3 años de estudio, fue aproximadamente la misma.

Koller, H.R., Nyquist, W.E. y Chorush, I.S. (1970), utilizaron la técnica del análisis de crecimiento, (Radford P.J. 1949), para estudiar los componentes de la acumulación de materia seca, en cultivos de soja, durante dos años. No incluyeron ningún elemento foliar caído. Determinaron que la acumulación de materia seca total, alcanzó un máximo entre los 100 y 110 días post-siembra, oscilando entre 9.000 y 10.000 kilogramos por hectárea, para ambos años.

Gupta, B.S. et al. (1973) observaron que el peso total, alcanza un pico luego de iniciado el llenado de grano pero antes de que estos lleguen al estado de "grano verde". Posteriormente verifica una disminución de peso a medida

que las hojas maduras que caen, exceden lo ganado en otras partes de la planta.

Hammond, I.C. y Kirkham, D., citados por Koller, H. R. et al. (1970), concluyeron que la curva de crecimiento de variedades determinadas de soja desarrollada logartímicamente está formada por tres segmentos lineales distintos, los que coinciden con estadios de crecimiento de la planta. Los mismos son: prefloración, floración hasta cese de crecimiento vegetativo y crecimiento de grano.

Mascarenhas, H.A.A. (1973), en un estudio de acumulación de materia seca y nutrientes, con el cultivar pelicano, observó también tres períodos bien definidos en el crecimiento. En los primeros 60 días post-emergencia: fase de germinación-floración. Entre los 60 y 80 días: fase de floración e inicio de formación de vainas, y entre los 80 y 100 días: fase de amarillamiento e inicio de caída de las primeras hojas. Observó una intensa acumulación de materia seca total hasta los 80 días, donde alcanzó más del 50 por ciento del total acumulado, que fue 16.084 kilogramos por hectárea.

Como resumen de lo visto, podemos concluir que los datos de acumulación de materia seca total dependen de la inclusión, o no, de los elementos foliares caídos. Así, de no incluirlos, alcanza un máximo que oscila entre los 7.000 y 10,000 kilogramos por hectárea, entre los 90 y 120 días post-siembra. A la madurez, osciló entre 5.000 y 6.000 kilogramos por hectárea. Al incluir los elementos foliares caídos, no presenta un decrecimiento posterior al pico, que

se alcanza a la madurez, y oscila entre 10.000 y 14.000 kilogramos por hectárea. Todo esto es función de la variedad, tipo de suelo y clima.

Se han encontrado diferencias en la acumulación relativa de materia seca entre variedades determinadas e indeterminadas, ya que al inicio de la floración, las primeras acumularon alrededor del 80 por ciento de su máximo peso, y las segundas aproximadamente el 45 por ciento del mismo.

## 2. Acumulación de materia seca vegetativa.

Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), informaron que la materia seca vegetativa aumentó hasta los 110 a 120 días post-siembra, alcanzando un pico de 10.904 kilogramos por hectárea en 1967. Luego desciende debido a la caída de hojas.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 b), encontraron que el peso seco de las hojas y pecíolos aumentó hasta el estadio 8 a 9 (85 a 95 días post-siembra). Los tallos incrementaron de peso a partir del estadio 6 (60 a 65 días post-siembra), continuando hasta el estadio 8 (85 días post-siembra). Luego del estadio 8 a 9, todos los componentes de la fracción vegetativa, perdieron peso. En el máximo, el material vegetativo alcanzó aproximadamente 6.500 kilogramos por hectárea, de incluir las hojas caídas. De no incluirlas, el máximo alcanza aproximadamente 5.000 kilogramos de materia seca por hectárea. Es de destacar que al incluir los pecíolos y folíolos caídos, el descenso observado en la materia seca vegetativa luego del máximo es mucho menor que el ocurrido al no incluirlas.

En otro trabajo, los mismos autores (1971 a.), obser  
varon que los pesos secos de las hojas y pecíolos, aumenta  
ron hasta alcanzar un máximo en el estadio 6, y permanecie  
ron constantés hasta el estadio 8 (75 a 95 días post-emer-  
gencia). En este período los pesos secos de las hojas y pe  
cíolos oscilaron entre 1.390 y 2.080 kilogramos de materia  
seca por hectárea y 650 y 910 kilogramos de materia seca  
por hectárea respectivamente. Las diferencias apreciadas  
dependen de la variedad. Durante este período, el desarro-  
llo de nuevas hojas compensó la caída de las mismas. A par  
tir del estadio 9, verifican una disminución en el peso de  
las hojas, debido a que la tasa de caída se hace muy grande  
Alrededor de los 20 días del inicio del estadio 5, flora -  
ción plena, los tallos de cada variedad alcanzaron un peso  
seco similar al alcanzado en la madurez. En los 30 a 45  
días del comienzo del citado estadio, los pesos de los ta  
llos promediaron 12 por ciento mas que los pesos de los mis  
mos a la madurez. Esto indica, según los autores, que los  
tallos durante este período, acumularían carbohidratos so  
lubles, para luego traslocarlos a los granos cerca del es  
tadio 9. Los pesos secos de los tallos a la madurez oscila  
ron entre 1.320 y 2.080 kilogramos por hectárea.

En otro estudio, Köllman, G.E. et al. (1974), ofre-  
cieron otra aproximación para determinar la distribución  
de materia seca, nutrientes y carbohidratos, entre la par  
te vegetativa y reproductiva, al hacer variar el número de  
vainas por nudo. Encontraron, que plantas totalmente sin  
vainas a la madurez, contenían una mayor concentración de  
carbohidratos en los folíolos, pecíolos y tallos, que aque

llas que conservaron sus vainas. Vieron que las disminuciones en el contenido de carbohidratos en folíolos y tallos mas pecíolos, fueron de 64 y 40 por ciento respectivamente, al aumentar el número de vainas por nudo.

A su vez, Egli, D.B. y Leggett, J.E. (1973), reportaron que la materia seca vegetativa acumulada alcanzó un máximo de aproximadamente 5.000 kilogramos por hectárea, a los 89 días post-siembra. Luego decreció, cuando la tasa de caída de folíolos y pecíolos superó a la tasa de producción de los mismos.

En 1973, Mascarenhas, H.A.A., vió que la acumulación de materia seca vegetativa alcanzó un pico máximo a los 80 días post-siembra, de 11.300 kilogramos por hectárea. Entre los 80 y 100 días post-siembra, la misma decrece, como consecuencia de la traslocación hacia las vainas y semillas que alcanza a 399 kilogramos por hectárea. A partir de los 100 días post-siembra y hasta los 140, encontró una pérdida mayor de peso que la atribuyó a la caída de hojas y a la traslocación.

En 1974, Kollman, G.E., et al., determinaron que a la madurez, la acumulación de materia seca en hojas y tallos descendía 37 por ciento al incrementar el número de vainas por nudo de 0 a 2,7.-

Mascarenhas, H.A.A. (1973), encontró que los tallos aumentaron de peso entre los 80 y 100 días post-emergencia. Luego decrecieron hasta los 140 días post-emergencia. La acumulación de materia seca de las hojas decreció constantemente a partir de los 100 días post-emergencia.

Casi todos los trabajos citados, hablan de la caída de hojas.

Así, Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), para los tres años estudiados, encontraron que la caída de hojas comenzó alrededor de los 110 a 120 días post-siembra y aumentó rápidamente de aquí en adelante. Esta fue la razón del descenso observado en la acumulación de materia seca vegetativa después del máximo, mencionado anteriormente.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 a.), constataron que entre los estadios 6 y 8 el desarrollo de nuevas hojas compensó la caída de las mismas, y que para todas las variedades, incluidas en el trabajo, se produjo un rápido incremento en la caída de las hojas a partir del estadio 9. Esta ocurrió a una tasa diaria de 4,74 por ciento con respecto al máximo peso de hoja, permaneciendo constante por aproximadamente tres semanas, o hasta la caída total. Tal como lo indican sus datos, en la madurez el peso seco de las hojas y pecíolos caídos alcanzó poco más de 4.000 kilogramos por hectárea.

Los mismos autores, (1971 b.), verificaron caída de estos elementos a partir del estadio 3 (40 días post-siembra), la que se acentúa luego del estadio 5 (50 días post-siembra), iguala al desarrollo de nuevas hojas entre los estadios 7 a 9 (80 a 95 días post-siembra), y a partir del estadio 9 se incrementa hasta la caída total en el estadio 10 (110 días post-siembra).

Egli, D.B., y Leggett, J.E. (1973), vieron que la tasa de caída de hojas supera su propia tasa de producción a par

tir de los 89 días post-siembra.

Como ya fue indicado, Mascarenhas, H.A.A., (1973), reportó una pérdida grande de peso en la materia seca vegetativa entre los 100 y 140 días post-emergencia. La misma fue atribuída, en parte, a la caída de hojas.

Los datos de Hanway, J.J., y Weber, C.R. (1971 b.) y de Egli, D.B. y Leggett, J.E. (1973), muestran que los descensos en la materia seca vegetativa y total acumulada ocurren separados en el tiempo. En ambos estudios se encontró que el descenso de la materia seca vegetativa acumulada ocurrió antes. La gran caída de hojas explicaría estos descensos.

En resúmen, de no incluir hojas caídas, la acumulación de materia seca vegetativa alcanza un máximo que oscila entre 5.000 y 11.300 kilogramos por hectárea entre los 85 y 120 días post-siembra. Luego de este pico decrece hasta la madurez, como consecuencia de la traslocación y la caída de hojas.

Es de destacar, que al incluir las hojas caídas, este descenso posterior al pico también ocurre, aunque en menor grado, y es consecuencia exclusiva de la traslocación hacia los granos.

El amplio rango apreciado en el pico de acumulación es debido a los distintos tipos de crecimiento que presentan las variedades en estudio. Esta resulta ser la causa de la coincidencia en el tiempo de los picos de acumulación vegetativo y total, cuando se resumen datos provenientes de

distintos estudios.

En cuanto a la acumulación en las hojas, el máximo ocurre entre los 85 y 95 días post-siembra, alcanzando de 2.000 a 3.000 kilogramos por hectárea. Luego de este pico, desciende al acelerarse la caída de las mismas que continúa hasta la madurez, donde ocurre la caída total.

Aproximadamente a los 100 días post-siembra, los tallos alcanzan su máximo peso, que oscila entre 1.600 y 2.500 kilogramos por hectárea. De aquí a la madurez decrece como consecuencia de la traslocación.

### 3. Acumulación de materia seca reproductiva

El total de materia seca reproductiva encontrada por Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), fue de 8.558 kilogramos por hectárea a los 140 días post-siembra. El rendimiento de grano fue estimado en 2.172 kilogramos por hectárea.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 b), encontraron que las vainas incrementaron su peso poco después del estadio 7, continuando hasta el estadio 8 (85 días post-emergencia). Luego de los estadios 8 a 9 (85 días post-emergencia), éstas perdieron peso, al igual que otras fracciones de la planta. Los granos incrementaron su peso a partir del estadio 8, continuando hasta el estadio 10 (110 días post-emergencia). El incremento en el peso seco de los granos, entre los estadios 9 y 10, coincidió con pérdidas de peso en otros componentes de la planta, por lo cual existió un pequeño incremento en el peso seco total acumulado en este período. De sus datos se deduce que la soja acumuló aproximadamente

unos 4.000 kilogramos de materia seca reproductiva por hectárea a la madurez.

La observación de Egli, D.B. y Leggett, J.B. (1973), de que todas las variedades en estudio, habían acumulado por lo menos el 85 por ciento de su material vegetativo al comienzo del llenado de grano, les indujo a afirmar que la fracción reproductiva era el principal consumidor de la materia seca producida en la fotosíntesis, ya que la competencia efectuada por la parte vegetativa era pequeña de ahí en adelante.

Shibles, R.M. y Weber, C.R. (1965), concluyeron que las hojas basales sombreadas del tapiz de la soja no serían totalmente parásitas para la parte productiva del tapiz, pues no significaron una merma en la fotosíntesis neta del cultivo.

En el período de comienzo del rápido llenado de grano, Koller, H.R., et al. (1978), apreciaron un aumento en la actividad fotosintética de la planta (tasa de asimilación neta). Este fue interpretado como una respuesta del aparato fotosintético, a un incremento en la demanda de productos de la fotosíntesis, debida a un rápido crecimiento de la fracción grano. Si bien los autores no lo comentan, es obvio que la mayor parte de la materia seca producida por la fotosíntesis se dirige al grano, ya que en esta etapa, el crecimiento de las distintas fracciones de la planta, a excepción del grano, por lo menos se enlentece como lo indica el decaimiento de las respectivas tasas, que alcanzaron el máximo a los 47 y 57 días post-siembra, para hojas y tallos mas pecíolos respectivamente.

Gupta, B.S., et al.(1973), encontraron que a la ma durez los granos representaban aproximadamente el 49 por ciento de la materia seca total acumulada en la parte aérea mientras que el tallo y vainas representaban el 30-34 por ciento y 10-18 por ciento de la misma respectivamente.

Resumiendo, a la madurez, la planta de soja acumuló, en la fracción reproductiva, entre 4.000 y 8.500 kilogramos de materia seca por hectárea.

En este momento, aproximadamente la mitad de la materia seca total acumulada, se encuentra en el grano.

Dentro de la fracción reproductiva, el peso seco de las vainas incrementa en primer lugar, aproximadamente entre los 75 a 85 días post-emergencia, para luego decrecer, mientras incrementa de peso el grano, hasta aproximadamente 110 días post-emergencia. Este incremento en el peso de grano es debido a la existencia de un gran flujo de productos fotosintéticos hacia el mismo. Este último es consecuencia de:

- que la fracción vegetativa ya acumuló al inicio del llenado de grano, por lo menos un 85 por ciento de su materia seca total, ofreciendo de aquí en más poca competencia por los mismos;

- que las hojas basales sombreadas no son mayormente competitivas;

- que existe una alta tasa fotosintética; y

- que las demás partes de la planta pierden peso, evidenciando traslocación de productos fotosintéticos acumulados.

#### 4. Tasa de acumulación de materia seca total

Henderson, J.B. y Kamprath, E. J. (1970), determinaron que la tasa diaria de acumulación total de materia seca, en 1967, aumentó con el tiempo hasta alcanzar un máximo de 380 kilogramos por hectárea entre los 100 y 110 días post-siembra. Esto corresponde al momento de la formación de grano. A continuación de este máximo, la tasa disminuyó debido a crecimiento reducido y caída de hojas. Los autores no incluyeron las hojas y pecíolos caídos.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 b), encontraron, tasas de acumulación de materia seca total crecientes hasta los estadios 3 a 5 (aproximadamente 40 a 55 días post-siembra). Estos resultados se mantuvieron, se incluyan o no los pecíolos y folíolos caídos. Las tasas observadas fueron iguales, ya que la caída importante de hojas comenzó a partir del estadio 5. A partir de este último y hasta el estadio 9, (90 a 95 días post-siembra), las tasas diarias fueron constantes, incluyendo o no las hojas caídas. Sin embargo, entre los estadios 5 y 8 (50 a 85 días post-siembra), las tasas fueron de 186 y 149 kilogramos por hectárea y por día, incluyendo y no hojas caídas, respectivamente. Posteriormente al estadio 9, la tasa de crecimiento descendió al incluir los elementos caídos, y fue negativa cuando no se los incluyó.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 a), estudiando por 2 años la acumulación de materia seca en 8 variedades de soja, confirmaron sus datos anteriores, al informar que las tasas de acumulación de materia seca fueron crecientes, para

todas las variedades, hasta el estadio 5. Luego de este, lo hicieron a tasas diarias constantes hasta el final de la estación de crecimiento, o bien, hasta el inicio del estadio 9, coincidiendo con una rápida caída de hojas. Las tasas diarias para todo el período considerado, oscilaron entre 88 y 149 kilogramos por hectárea, dependiendo de la variedad considerada. Encontraron que hasta el estadio 2, todas las variedades, se desarrollaron a las mismas tasas, y a partir de aquí, apreciaron diferencias, que aumentaron con el tiempo, hasta la madurez.

Los datos de Egli, D.B. y Leggett, J.E. (1973), muestran que entre los 40 y 100 días post-siembra, la acumulación de materia seca total, se realizó a tasas constantes para luego declinar.

Barber, S.A. (1978), encontró que la materia seca total crecía linealmente con el tiempo, entre los 50 y 100 días post-siembra. La tasa de crecimiento promedio, en este período, fue de 135 kilogramos por hectárea y por día. De los datos presentados, surge, que luego de los 100 días post-siembra, la tasa se vuelve negativa, ya que no incluyó mediciones de hojas caídas.

Buttery, B.R. (1969), trabajando con soja Harosoy 63, encontró que la tasa de crecimiento del cultivo, incrementó hasta los 50-60 días post-siembra, para luego decrecer marcadamente.

Koller, H.R., et al. (1970), determinaron que para 1968, la tasa de crecimiento del cultivo, creció hasta los 75 días post-siembra, alcanzando un valor de 170 kilogramos

por hectárea y por día, para luego decrecer. Para el mismo año, la tasa de crecimiento relativo decreció hasta los 60-65 días post-siembra, para luego crecer y alcanzar un pico menor a los 75 días post-siembra. Esto coincide en el tiempo con la máxima tasa de crecimiento del cultivo. Los incrementos de ambos parámetros fueron atribuidos a un aumento en la tasa de asimilación neta. Este aumento, a su vez, fue interpretado como una respuesta del aparato fotosintético a un incremento en la demanda de productos de la fotosíntesis, debido a un rápido crecimiento de la fracción grano.

Bataglia, O.C., y Mascarenhas, H.A.A. (1977), indican, que la máxima tasa de acumulación de materia seca ocurriría entre la floración y la formación de vainas.

Mascarenhas, H.A.A. (1973), observó, que en los primeros 60 días post-emergencia, la tasa de acumulación de materia seca fue de 77,3 kilogramos por hectárea y por día. Entre los 60 y 80 días post-emergencia, fue de 333,05 kilogramos por hectárea y por día. Entre los 80 y 100 días post-emergencia, fue de 85,05 kilogramos por hectárea y por día, y de allí a la madurez fue de 77,01 kilogramos por hectárea y por día.

Asuaga, A. et al. (1981), citan una tasa diaria de acumulación de materia seca de 103 kilogramos por hectárea, durante el llenado del grano y vainas, para suelos bajos en fósforo disponible.

Sintetizando, los datos presentados, son coincidentes en describir un período de crecimiento a tasas crecientes, seguido por otro a tasas constantes, de amplitud variable, y un período final a tasas decrecientes debido a crecimiento res-

tringido y caída de hojas. La tasa se puede volver negativa co  
mo consecuencia de la caída de las hojas. Hasta aproximadamen-  
te el inicio de la floración, las tasas son crecientes. Entre  
la floración y el llenado del grano son constantes. Finalmente  
desde el llenado del grano a la madurez, son decrecientes. Las  
tasas máximas oscilaron entre un rango comprendido entre 88 y  
380 kilogramos por hectárea y por día, dependiendo del clima y  
variedades utilizadas.

#### 5. Tasa de acumulación de materia seca vegetativa

Según Henderson, J.B. y Kamprath, E.J., (1970), entre  
los 40 y 100 días post-siembra, la tasa de acumulación de ma-  
teria seca vegetativa, fue de 142 kilogramos por hectárea y por  
día. Luego, entre los 100 y 110 días post-siembra, ésta alcan-  
zó un máximo de 191 kilogramos por hectárea y por día. A conti-  
nuación la tasa decrece debido a cfecimiento reducido y caída  
de hojas.

De acuerdo con los datos presentados por Hanway, J.J. y  
Weber, C.R. (1971 b.), la tasa de acumulación de materia seca  
vegetativa, sigue la misma tendencia que la tasa de acumulación  
de materia seca total. Al no considerar las hojas caídas, la ta  
sa de acumulación de materia seca vegetativa es creciente has  
ta los estadios 3 a 5 (40 a 55 días post-emergencia). Poste -  
riormente, y hasta los 60 días post-emergencia, aproximadamen-  
te, la tasa es constante, para luego decrecer hasta volverse  
negativa poco antes del estadio 9. Al incluir las hojas caí -  
das, la tendencia de la tasa de acumulación de materia seca ve  
getativa es similar, pero alcanza valores diarios mayores. La  
diferencia radica en que la tasa negativa ocurre solamente en

tre los estadios 9 y 10, para luego hacerse nula hasta el final de la estación.

Al inicio de la floración, Egli, D.B., y Leggett, J.E. (1973), encontraron que la variedad de soja determinada había acumulado el 79 por ciento de su material vegetativo, mientras que la indeterminada solo alcanzó el 58 por ciento, como promedio para ambos años. También informaron, un mayor crecimiento vegetativo de la variedad indeterminada entre la floración y la emergencia de vainas. Al comienzo del desarrollo de las vainas los tipos determinado e indeterminado, habían acumulado el 92 y 88 por ciento del total de su materia seca vegetativa respectivamente.

Las tasas de crecimiento relativo, calculadas por Koller H.R., Nyquist, W.E. y Chorush, I.S. (1970), para cada uno de los componentes de la fracción vegetativa, fue máximo al inicio del desarrollo de cada componente, para luego decrecer continuamente a tasas decrecientes. En 1968, la tasa de crecimiento de cada componente, alcanzó un pico y luego declinó, Estos picos máximos, ocurrieron a los 47 y 57 días post-siembra, para hojas y tallos más pecíolos respectivamente.

En síntesis, las tasas de acumulación de materia seca vegetativa, siguen una tendencia similar a la de la parte aérea total: en principio son crecientes, hasta el inicio de la floración; luego se hacen constantes, hasta plena floración, para de crecer luego de iniciada la formación de las vainas, por crecimiento reducido, caída de hojas y traslocación. Finalmente se vuelve negativa, como consecuencia de la traslocación y la caída de hojas. La máxima tasa fue de 191 kilogramos por hectárea

y por día. La máxima tasa para tallos y hojas se dió durante la floración. Las variedades indeterminadas, presentaron mayores acumulaciones de materia seca vegetativa que las determinadas, entre el inicio de la floración y la formación de vainas.

#### 6. Tasa de acumulación de materia seca reproductiva

Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), encontraron que para 1967, la tasa de acumulación de materia seca reproductiva, tuvo un máximo de aproximadamente 243 kilogramos por hectárea y por día a los 110-120 días post-siembra. Luego descendió lentamente hacia el final de la estación.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 a), encontraron, para todas las variedades y para ambos años de estudio, un aumento del peso seco de las vainas a una tasa de 51 kilogramos por hectárea y por día, por aproximadamente 20 días. Esto ocurrió inmediatamente antes del rápido incremento del peso seco de los granos. Este último y en todas las variedades comenzó 30 días luego de floración plena, hasta que el 40 por ciento de las hojas estuvieron caídas. Las tasas de acumulación de materia seca en el grano, fueron similares para las ocho variedades estudiadas y equivalieron a 99 kilogramos por hectárea y por día. Concluyeron que las diferencias en el rendimiento final de grano fueron debidas mas a tiempos de acumulación distintos que a diferencias en las tasas de acumulación.

Egli, D.B. y Leggett, J.E.(1973), encontraron que la acumulación de materia seca en la fracción reproductiva se dió a tasas constantes y que las mismas oscilaron entre 83,6 y 136

kilogramos por hectárea y por día, según la variedad y el año.

Koller, H.R. et al.(1978), calcularon que las máximas tasas de crecimiento para vainas y grano, se alcanzaron, para 1968 a los 63 y 83 días post-siembra, respectivamente, Ambas declinaron posteriormente a su máximo. La tasa para el grano fue de 130 kilogramos por hectárea y por día aproximadamente.

Los datos de Mascarenhas, H.A.A. (1973), indican que la acumulación de materia seca reproductiva, a partir de los 100 días post-emergencia, se realizó a tasas aproximadamente constantes.

En resumen, la acumulación de materia seca reproductiva se realiza a tasas constantes hasta alcanzar un máximo en el período de llenado del grano, entre los 80 y 100 días post-siembra. De ahí en más, la tasa decrece. Los valores de estas tasas oscilan entre 84 y 240 kilogramos por hectárea y por día. En los 10 a 20 días anteriores a la intensa acumulación de materia seca en el grano (75 a 85 días post-siembra), se produce la máxima tasa de acumulación en las vainas, alcanzando 51 kilogramos por hectárea y por día. Luego declina. La máxima tasa de acumulación en los granos varía entre 99 y 130 kilogramos por hectárea y por día, y ocurre entre los 80 días post-siembra, y el momento de caída del 40 por ciento de las hojas.

## B. NUTRICION FOSFATADA

### 1. Efecto de la fertilización y nivel de fósforo del suelo sobre el crecimiento

Wilkinson, citado por Ohlrogge, A.J. (1960), mostró que la fertilización fosfatada, produjo respuestas tempranas significativas, en la acumulación de materia seca.

Asuaga, A. et al. (1981), trabajando con la variedad Bragg, sobre suelos bajos en fósforo disponible (5-6 ppm), encontraron una respuesta temprana, no significativa, al agregado de fósforo en bandas.

De Mooy, J.C. y Pesek, J. (1969), en un estudio de varios años, sobre crecimiento y rendimiento de varias líneas de soja, a altas aplicaciones de fósforo, encontraron un efecto positivo del nutriente en el crecimiento de las hojas y tallos.

Buttery, B.R. (1969), observó que la fertilización incrementó la acumulación final de materia seca, debido principalmente a una demora en el descenso de la tasa de asimilación neta y la tasa de crecimiento de cultivo hacia el final del período de crecimiento.

Asuaga, A. et al. (1981), vieron que la acumulación total de materia seca a los 115 días post-siembra (grano verde), incrementó significativamente, con el agregado de fósforo al voleo. Dicho incremento fue atribuido al incremento de la materia seca acumulada en la fracción reproductiva.

Contrariamente, Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 b), encontraron que aplicaciones moderadas de fertilizantes fosfatados, tuvieron un pequeño efecto, no significativo, en los pesos de diferentes partes de la planta, en todos los estadios de desarrollo.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 b) y Boswell, F.C. y Anderson, O.E. (1976), coinciden en señalar, que el peso de las 100 semillas no varió con la aplicación de 49 kilogramos de fósforo por hectárea.

Trabajando sobre suelos de bajo nivel de fósforo disponible, Asuaga, A. et al. (1981), observaron que el agregado de 40 kilogramos de  $P_2 O_5$  al voleo por hectárea, incrementó significativamente el peso de las 100 semillas.

En relación al efecto del nivel de fósforo disponible en el suelo, Bureau, M.F. et al. (1953), encontraron que en la medida en que éste aumentaba, incrementaba la producción de materia seca, siendo de 8.600 y 11.857 kilogramos por hectárea, para los niveles bajo y alto respectivamente. El agregado de superfosfato produjo una disminución en la producción de materia seca en todos los niveles de fósforo del suelo.

Finalmente, Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958), observaron en sus estudios de campo, que la materia seca producida en la floración, incrementó al aumentar el nivel de fósforo en el suelo. Para los niveles: bajo, medio, medio-alto y alto, la acumulación de materia seca fue: 1.565, 3.246, 3.917 y 4.232 kilogramos por hectárea respectivamente.

Resumiendo, la respuesta de la soja en crecimiento a la fertilización fosfatada, no es clara.

Así, Wilkinson (1957 y 1958), De Mooy, J.C. y Pesek, J. (1969), Buttery, B.R. (1969) y Asuaga, A. et al. (1981), encontraron un incremento significativo en la producción de materia seca en distintos estadios de crecimiento. Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 b) y Boswell, F.C. y Anderson, O.E. (1976), informaron de incrementos no significativos. Finalmente, Bureau, M.F. et al. (1953), encontraron una disminución en la producción de materia seca.

Con respecto al nivel de fósforo en el suelo, parecería

existir, tal cual lo indican los trabajos de Bureau, M.F. et al. (1953) y Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958), una asociación positiva del mismo con la producción de materia seca.

## 2. Efecto de la aplicación y localización del fertilizante sobre el rendimiento en grano.

### a. Efecto de la aplicación.

La literatura citada, es coincidente en afirmar que la soja no responde al agregado de fósforo de igual manera que otros cultivos, en los diferentes tipos de suelo bajo estudio.

Ya Norman, A.G. (1946), Ohlrogge, A.J. (1960), Maples, R. y Keogh, J.L. (1967), Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969) y De Mooy, J.C. et al. (1973), reconocían que la respuesta de la soja a la fertilización directa era inconsistente.

Según Caviness, C.E. y Hardy, G.W. (1970), este cereal creció por siglos en suelos de baja fertilidad de Oriente y qui zás evolucionó hacia un cereal que normalmente no responde a la fertilización a niveles altos de fertilidad en el suelo.

Wilkinson, citado por Ohlrogge, A.J., mostró que la fertilización fosfatada, no produjo aumentos significativos en el rendimiento de grano.

Krantz, et al., y Welch, C.D., et al., citados por Ohlrogge, A.J., (1960), indicaron que la utilización de fertilizantes, resultó solo en débiles incrementos en el rendimiento de grano.

Maples, R. y Keogh, J.L., citados por Bhangoo, M.S. y Albritton, D.J., (1972), encontraron, que tanto el fósforo como

los demás nutrientes son necesarios en todos los períodos de crecimiento, sin embargo, no hubo seguridad de obtener incrementos en los rendimientos con aplicaciones de fósforo, pues reportaron un muy pequeño incremento en el rendimiento con aplicaciones del nutriente.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 b), encontraron que aplicaciones moderadas de fertilizantes fosfatados, tuvieron un pequeño efecto no significativo en el rendimiento de grano.

De Mooy, J.C. y Pesek, J., citados por De Mooy, J.C., Pesek, J. y Spandon, E. (1970), informaron de incrementos en el rendimiento de grano, con muy altas cantidades de fósforo aplicadas (280 a 450 kilogramos de fósforo por hectárea).

De acuerdo con Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958), Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969), De Mooy, J.C., Pesek, J. y Spandon, E. (1970), y Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1975) respuestas consistentes a la fertilización directa con fósforo, solamente se han obtenido en suelos con bajo nivel de fósforo disponible.

En suelos medios en fósforo disponible, las respuestas oscilan entre 130 y 200 kilogramos por hectárea de grano, según lo informaron Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969).

Además, De Mooy, J.C., Pesek, J. y Spandon, E. (1970) condicionan la respuesta al fósforo agregado, en suelos de bajo nivel, a que los demás nutrientes no sean limitantes del rendimiento.

Voos, R.K., citado por Boswell, F.C. y Anderson, O.E., (1976), indicó que en estudios de campo, la soja y el maíz res

pondieron a la aplicación de fertilizante cuando el suelo presentó un nivel bajo de fósforo, y que ninguno de ambos respondió significativamente a la aplicación de fertilizantes cuando los niveles de fertilidad del suelo alcanzaron niveles medios.

Esto coincide con lo observado por Caviness, C.E. y Hardy, G.W. (1970), quienes en un ensayo de 7 años en Arkansas, sobre suelos con diferentes niveles de fósforo disponible, determinaron que cuando los niveles eran medios (28 kilogramos por hectárea), la fertilización no resultó en un incremento significativo en el rendimiento de grano.

En un ensayo de dos años, para ver el efecto de la localización de fertilizante fosfatado, en diferentes tipos de suelos, Ham, G.E., et al. (1973), encontraron que para suelos de bajo nivel de fósforo, el rendimiento de grano, aumentó con tasas crecientes de fósforo aplicado.

Singh, N.P. y Saxena, M.C. (1973), obtuvieron datos de respuesta al agregado de fósforo a dos niveles de fertilidad del suelo. En un suelo de alto nivel de fósforo disponible, aplicaciones de 70 kilogramos por hectárea de nutrientes, tuvieron un pequeño efecto en los rendimientos. En otros dos suelos de bajo nivel de fósforo disponible, se obtuvieron respuestas significativas.

Los resultados de Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969), indican, que aplicaciones de fósforo en suelos de alta fertilidad, permitieron aumentar los rendimientos entre 67 y 134 kilogramos por hectárea. Los mismos tratamientos en suelos de baja fertilidad, resultaron en incrementos en el rendimiento que oscilaron entre 670 y 1.000 kilo

gramos por hectárea.

Asuaga, A. et al. (1981), encontraron respuestas significativas en rendimiento en grano, con la fertilización fosfatada.

Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1975), citan estudios de mas de 10 años, de rotaciones, que incluyeron a la soja. De los mismos se concluye que aplicaciones crecientes de fertilización fosfatada solo lograron respuestas significativas en los niveles bajos de fósforo en el suelo. El agregado de 49 kilogramos por hectárea de fósforo, incrementó los rendimientos de grano en 330 kilogramos por hectárea.

De Mooy, J.C., Young, J.L. y Kaap, J.D. (1973), informaron que la respuesta en rendimiento de la soja a la aplicación de fósforo fue pequeña, cuando el nivel de fósforo del suelo fue bajo, mientras que, cuando el nivel de fósforo del suelo fue medio, la respuesta fue aún menor. Esto fue explicado, por el mayor nivel de fósforo presente en el suelo al inicio del ensayo.

En una investigación, para determinar la relación entre el rendimiento de soja y el nivel de nutriente en el suelo, Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958), mostraron, a traves de estudios de invernáculo, que la respuesta al agregado de fósforo, dependía del nivel de fósforo existente en el suelo. Determinaron que el nivel de fósforo en el suelo a partir del cual no podría esperarse mayor respuesta al agregado de fósforo, fue de 56 ppm. (método ácido extrac-table de Melhich).

Jones, G.D., Lutz, Jr., J.A. y Smith, T.J. (1977), tras dos años de trabajos de campo, midieron el efecto del fertilizante fosfatado sobre el rendimiento en grano y composición química de hojas y grano. Observaron, que al agregar fósforo, en un suelo de nivel inicial bajo, en dosis crecientes hasta 60 unidades por hectárea, solo hubo respuesta al agregado de 15 unidades. Dicha respuesta fue de 335 kilogramos por hectárea de grano.

Small, H.G. y Ohlrogge, A.J. (1973), indicaron que la soja, creciendo en el cinturón de maíz de los Estados Unidos de Norteamérica, no respondió a la fertilización directa, mientras que en el Sur, sí respondió a ella, pero no superó un rendimiento tope de 2.500 a 3.000 kilogramos por hectárea.

Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969), citan datos de Indiana y Ohio, de rendimientos a nivel de cultivos comerciales, e indican un incremento de los mismos, con el transcurso de los años, hasta alcanzar un tope de 3.600 kilogramos por hectárea, con altas dosis de fertilización en suelos de alto nivel de fósforo disponible.

Hammond, L.C. et al., citados por Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958), afirman que la soja responde mas a niveles altos de fertilidad en el suelo, que a altas tasas de fertilización, Por lo tanto, supusieron lógico que el nivel de fósforo en el suelo sería importante en la determinación del rendimiento.

Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958), en sus estudios de campo y de invernáculo, mostraron que el rendimiento

to de soja estuvo asociado con el nivel de fósforo en el suelo.

Ohlrogge, A.J. y Kamprath, A.J. (1969), indicaron que numerosos estudios han demostrado que la soja responde a un nivel alto de fósforo en el suelo. Informaron que en suelos bajos en fósforo disponible, los rendimientos fueron solo el 59 por ciento de aquellos obtenidos en suelos de nivel medio en fósforo.

Bray, R.H., citado por Bhangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972), reportó que cuando hay 11,22 kilogramos por hectárea de fósforo disponible en el suelo, el rendimiento fue el 75 por ciento del máximo esperado, y cuando el nivel de fósforo disponible fue de 33,50 kilogramos por hectárea, el rendimiento resultó ser un 98 por ciento del máximo.

Los ensayos de campo de Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958), indicaron que los rendimientos de grano de soja incrementaron un 69,8 por ciento al pasar de 871 a 1.479 kilogramos por hectárea, desde los niveles bajos a muy altos de fósforo en el suelo, respectivamente. Además, sus estudios de invernáculo, mostraron que cuando no se fertilizó, los máximos rendimientos se obtuvieron, cuando el fósforo disponible del suelo osciló aproximadamente entre 40 y 56 ppm.

Existen ventajas en la vigorización y en el mantenimiento de un nivel de fertilidad medio en el suelo a largo plazo, por programas de fertilización, tal como lo indican los trabajos de Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969), Bhangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972), Mascarenhas, H.A.A.,

et al. (1975), Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1975), y Boswell, F.C. y Anderson, O.E. (1976).

Así, Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969), concluyeron que una vigorización del nivel de fósforo disponible en el suelo, por una fertilización previa, resultaría en rendimientos de grano más altos.

En un ensayo de fertilización, durante tres años sucesivos, sobre suelos de nivel bajo en fósforo, Bhangoo, M.S. y Albritton, K.J. (1972), encontraron que con el agregado de 40 unidades de fósforo por hectárea, los incrementos en el rendimiento de grano con respecto al testigo, fueron de 380, 110 y 0 kilogramos por hectárea para el primer, segundo y tercer año respectivamente. La respuesta fue significativa únicamente en el primer año. Atribuyeron que la falta de respuesta podría ser debida al incremento del nivel de fósforo en el suelo, y posiblemente al déficit de agua ocurrido.

Mascarenhas, H.A.A., et al. (1975), encontraron que en rotaciones que han recibido una adecuada fertilización fosfatada, la soja no respondió al agregado del nutriente.

Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1975), informaron que soja en rotación, en la cual, solo el cultivo anterior (maíz) y el posterior (trigo) eran fertilizados, alcanzaba sus máximos rendimientos a niveles medios a altos de fósforo en el suelo (70 y 123 kilogramos por hectárea de fósforo respectivamente), pero no respondió a dosis crecientes de fertilizantes agregados.

Bhangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972), concluyeron

que el efecto residual de la fertilización continuada con fósforo, sobre soja, creciendo en el mismo suelo todos los años, incrementaría los niveles de fósforo en el suelo. Es to determinaría que las recomendaciones de fertilización fosfatada deberían ser cuidadosas.

De acuerdo con Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969) una vez que el suelo es llevado a un nivel medio de fósforo, debe ser agregada suficiente cantidad del nutriente, anualmente, para compensar la remoción por el cultivo y la fijación por el suelo.

Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1975), indicaron que el mantenimiento del nivel medio de fósforo, puede ser he cho por aplicaciones periódicas al voleo, o por pequeñas aplicaciones a la siembra, en aquellos cultivos de mayor respuesta en una rotación agrícola.

En síntesis, la respuesta de la soja a la fertiliza ción directa, está condicionada al nivel de fósforo disponible del suelo. Así, las respuestas obtenidas en suelos de bajo nivel, oscilan entre 330 y 1.000 kilogramos por hectá rea; para suelos de nivel medio: entre 130 y 200 kilogra - mos por hectárea y para suelos de alto nivel: entre 67 y 134 kilogramos por hectárea. Si bien esto es cierto, los rendimientos mayores están asociados a niveles altos de fósforo en suelo. Así, entre los niveles bajos y altos exis ten diferencias del orden de 871 kilogramos por hectárea.

Como el nivel de fósforo en el suelo es importante en la determinación de altos rendimientos, muchos autores sostienen, que para soja en rotación, es ventajoso llevar

y mantener el suelo a niveles medios de fósforo disponible, fertilizando solo aquellos cultivos de mayor respuesta en la rotación.

b. Efecto de la localización del fertilizante.

Ham. G.E. et al. (1973), encontraron que con bajos niveles de fósforo en el suelo y con lluvia adecuada, los rendimientos de grano incrementaron 746 y 941 kilogramos por hectárea, para tratamientos en banda y voleo respectivamente. Con niveles altos de fósforo en el suelo, no hubo respuestas a ninguna localización del fertilizante.

Asuaga, A. et al. (1981), sobre suelos de bajo nivel de fósforo disponible, obtuvieron incrementos de 929 kilogramos por hectárea, en los rendimientos, con el agregado de 120 kilogramos de  $P_2O_5$  por hectárea, aplicados al voleo. La localización en bandas, causó incrementos de 400 kilogramos por hectárea en el rendimiento de grano.

Hanson, R.G. (1979), realizó un ensayo de dos años sucesivos con la variedad Bragg, en suelos de alto nivel de fósforo disponible, para ver el efecto de la localización del fertilizante fosfatado y su efecto residual. Observó que la localización al voleo incrementó el rendimiento de grano, presentando una correlación altamente significativa de 0,41 con el mismo. La fertilización directa en banda, si bien incrementó el rendimiento, no estuvo correlacionada significativamente con el mismo.

Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1975), indicaron que la aplicación de fertilizante fosfatado, realizada en la siembra en forma localizada, en suelos bajos de fósforo u

otros nutrientes, difícilmente produzca rendimientos máximos. Concluyen que en suelos de niveles medios a altos de fósforo, y donde la fijación del nutriente no es importante, la localización de fósforo en dosis de mantenimiento, no tendría ventajas adicionales, por la pequeña respuesta esperada en los rendimientos de grano.

De acuerdo a lo visto, se puede concluir que el efecto de la localización es dependiente del nivel de fósforo disponible en el suelo. Así, en suelos de bajo nivel de fósforo disponible, los rendimientos de grano se incrementan en el orden de 746 y 941 kilogramos por hectárea para banda y voleo respectivamente. En este tipo de suelos la localización en banda difícilmente produzca rendimientos máximos. En suelos de nivel medio a alto en fósforo disponible y donde la fijación no es importante, la localización no presentaría ventajas adicionales.

### 3. Composición Química

#### a. Parte aérea.

Ohlrogge, A.J. (1960), resumió datos sobre las concentraciones de fósforo más frecuentes, para suelos fértiles, en la parte aérea total, para plantas de soja en prefloración y floración. Los mismos se sitúan entre 0,25 y 0,30 por ciento y 0,25 por ciento, respectivamente.

Small Jr., H.G. y Ohlrogge, A.J. (1973), encontraron que cuando las plantas son jóvenes; muestran frecuentemente las mas altas concentraciones de fósforo, para decrecer en los períodos cercanos a la madurez.

Asuaga, A. et al. (1981), trabajando en suelos po-

bres en fósforo disponible, observaron, que la parte aérea total contenía: 0,16; 0,12; y 0,11 por ciento de fósforo en prefloración, floración tardía y grano verde respectivamente.

La concentración de fósforo en la planta entera, incluyendo raíces, encontrada por Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 c), aumentó entre los estadios 1 y 2, decreció lentamente entre los estadios 5 a 7, aumentando posteriormente hasta la madurez. Además, en cualquier momento del desarrollo de la planta, las partes jóvenes fueron mas ricas en fósforo que las partes mas viejas.

Similares datos obtuvo Barber, S.A. (1978). Observó un decrecimiento del porcentaje de fósforo desde veinte hasta los sesenta días post-emergencia, para luego incrementar al inicio del llenado de grano.

De Mooy, J.C., Pesek, J. y Spanden, E. (1970), explicaron la alta concentración de fósforo en los primeros estadios de crecimiento de la soja, como debida a que la absorción de nutrientes es mas rápida, en relación a la acumulación de materia seca. Indicaron además, que antes del inicio de la traslocación de fósforo al grano, la concentración del mismo en los distintos tejidos disminuye.

Small, Jr., H.G. y Ohlrogge, A.J. (1973), explican por su parte la alta concentración inicial de fósforo, como debida a una dilución menor del fósforo por la materia seca acumulada, y además, a una mas rápida actividad metabólica durante los períodos de crecimiento juveniles,

Borst, H.L. y Thatcher, L.E., citados por De Mooy, J.C.

Pesek, J. y Spanden, E. (1970), observaron, que si bien la concentración de fósforo entre el primer y cuarto mes de crecimiento bajaba en la fracción vegetativa, la parte aérea total, sufrió un pequeño incremento, pasando de 0,34 a 0,36 por ciento en el mismo período. Esto fue explicado, como consecuencia del alto nivel de fósforo que contenía el grano en desarrollo.

Los mismos autores, citados por Ohlrogge, A.J. (1960) encontraron que la concentración de fósforo en hojas, tallos y vainas, decreció luego que las mismas alcanzaron su máximo desarrollo. Reportaron movimiento de fósforo hacia los granos solo desde las vainas.

Ohlrogge, A.J. (1960), indica que el movimiento de fósforo hacia los granos puede hacerse extensivo también a las hojas y tallos. Además, reportó valores para plantas en llenado de grano. Dichos valores para parte aérea, excluyendo granos, fueron tan bajos como 0,11 a 0,14 por ciento de fósforo.

Hammond, L.C. et al., citados por Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), al igual que Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 c), encontraron que las hojas caídas presentaron una concentración muy baja del elemento. Los porcentajes publicados para hojas y pecíolos fueron de 0,1 y 0,05 por ciento respectivamente.

Jones, G.D. et al. (1977), en un estudio de 2 años conducido para determinar, entre otros efectos, el de la fertilización fosfatada y potásica, sobre la composición química de hojas y granos y el rendimiento en grano, deter

minaron que la concentración de fósforo en las hojas decrece rápidamente a medida que se aproxima la madurez, como consecuencia de la traslocación hacia los granos.

Concluyendo, la concentración de fósforo es alta en las primeras etapas del crecimiento, descendiendo a partir del momento en que las plantas presentan 9 a 10 hojas desarrolladas y están en plena floración. Este descenso continúa hasta que las plantas se encuentran en el fin de formación de las vainas e inicio de llenado de grano, a partir del cual incrementan hasta la madurez. Las concentraciones altas al inicio se podrían deber a una gran actividad metabólica que se refleja en una mayor absorción de fósforo en relación a la acumulación de materia seca. Los valores más frecuentes en prefloración oscilan en un rango de 0,25 a 0,30 por ciento, y en floración de 0,25 por ciento. El momento de llenado de grano coincide con una gran traslocación de fósforo hacia el mismo, desde otras partes de la planta. Esto se verifica por las bajas concentraciones que presentan, durante esta etapa, diversas partes de la planta, a saber: pecíolos caídos, 0,05; hojas caídas, 0,1 y parte aérea total, excluyendo grano, 0,11 a 0,14 por ciento, respectivamente.

#### b. Parte Vegetativa

En trabajos de campo, realizados para caracterizar las concentraciones de fósforo, nitrógeno y potasio, en las diferentes partes de la planta, Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 c), encontraron, que entre otros factores, las mismas varían con: las diferentes partes de la planta, la po-

sición dentro de la misma y los estadios de desarrollo.

Las observaciones sobre la concentración de fósforo en la fracción vegetativa, fueron coincidentes en la literatura citada. Así, Borst, H.L. y Thatcher, L.E. (1931), Togari, Y., Kato, Y. y Ebata, M. (1975), Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), Bhangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972), Mascarenhas, H.A.A. (1973), Bataglia, O.C., Mascarenhas, H.A.A. (1977) y Asuaga, A. et al. (1981), indicaron un descenso del porcentaje de fósforo en la fracción vegetativa en la medida que la estación progresó.

Borst, H.L. y Thatcher, L.E., citados por De Mooy, J.C., Pesek, J. y Spandon, E. (1970), vieron que en el primero y cuarto mes de crecimiento, las concentraciones de fósforo para las hojas fueron de 0,36 y 0,23 por ciento y para los tallos: 0,31 y 0,07 por ciento respectivamente.

Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), obtuvieron para la porción vegetativa, a los 40 días post-siembra, valores cercanos al 0,30 por ciento, y a la madurez, 140 días post-siembra, algo más de 0,05 por ciento.

En la fracción vegetativa de soja, creciendo en suelos pobres en fósforo disponible, Asuaga, A. et al. (1981), encontraron concentraciones de: 0,16; 0,12 y 0,08 por ciento de fósforo en prefloración, floración tardía y grano verde respectivamente.

Mederski, H.J., citado por Ohlrogge, A.J. (1960), observó que la concentración de fósforo en hojas y tallos, fue de 0,30 y 0,15 por ciento respectivamente en prefloración.

En el mismo período, Mascarenhas, H.A.A. (1973), encontró, para las mismas fracciones, valores de 0,39 y 0,17 por ciento, respectivamente.

Togari, Y. Kato, Y. y Ebata, M. citados por Mascarenhas H.A.A. (1973), encontraron que en la floración, la concentración de fósforo en las hojas fue de 0,31 por ciento y en los tallos de 0,09 por ciento.

Mascarenhas, H.A.A., (1973), verificó el descenso del contenido de fósforo en las hojas, registrando el valor de 0,31 por ciento en la floración. La concentración en tallos se mantuvo constante en 0,17 por ciento. Para el total vegetativo, vió que a los 100 días post-emergencia, la concentración fue de 0,17 por ciento, mientras que a los 140 días post-emergencia, la misma fue de 0,08 por ciento. El período indicado fue el de llenado de grano.

Borst, H.L. y Thatcher, L.E., citados por De Mooy, J.C. Pesek, J. y Spandon, E. (1970), observaron un decrecimiento anterior de las hojas con respecto a los tallos en su concentración de fósforo.

Hanway, J.J. y Weber, C.R., (1971 c), reportaron un incremento del contenido porcentual de fósforo entre los estadios 1 y 2, para tallos, hojas y pecíolos. Sus concentraciones respectivas, para el estadio 2, fueron 0,20; 0,30 y 0,20 por ciento. Luego, observaron la misma tendencia decreciente, ya citada en los trabajos anteriores. A la madurez, el fósforo en las hojas y pecíolos fue muy bajo (0,1 y 0,05 por ciento, respectivamente), mientras los tallos contenían 0,4 por ciento de fósforo. También emplearon el criterio de Kalton, R.R. et al. (1949).

Small, H.G. y Ohlrogge, A.J. (1973), citan que numerosos estudios muestran que el nivel de nutrientes de las hojas recientemente maduras en la mitad de la floración, resulta ser buen indicador del nivel nutricional de la planta entera.

Jones, J.B., citado por Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969), estableció los rangos en los cuales el nivel nutricional de la soja es: deficiente, bajo, suficiente, alto y excesivo, para fósforo y nitrógeno. Los datos fueron obtenidos de análisis de folíolos de hojas maduras, en floración tardía. Los rangos a los cuales consideró que la soja se encuentra suficientemente nutrida, fueron de 0,26 a 0,50 por ciento para fósforo y 4,51 y 5,50 por ciento para nitrógeno.

Small, H.G. y Ohlrogge, A.J. (1973), indican, que los rangos de suficiencia determinados por la Universidad de Ohio, en folíolos de hojas recientemente maduras, en la mitad de la floración, para fósforo y nitrógeno son: 0,26 a 0,50 por ciento y 4,26 a 5,50 por ciento, respectivamente. Estos niveles de nitrógeno, serían muy altos, ya que numerosos cultivos de alto rendimiento cayeron en el rango de nutrición insuficiente.

Con el mismo sistema de muestreo, Anderson, O.E., et al., citados por Small, H.G. y Ohlrogge, A.J. (1973), presentan datos provenientes de 145 muestras de cultivos normales, creciendo en diferentes suelos, que indican un rango de adecuación, que oscila entre 0,28 y 0,35 por ciento de fósforo.

Ciento sesenta y un datos provenientes de varias regiones de Estados Unidos de Norteamérica, obtenidos por compañías privadas de fertilizantes, indican un rango de adecuación, que oscila entre 0,29 y 0,37 por ciento, para fósforo y 4,80 y 5,50 por ciento, para nitrógeno, según informaron Small, H.G. y Ohlrogge, A.J. (1973).

Resumiendo, la concentración de fósforo en la porción vegetativa es máxima al inicio de la estación de crecimiento, y disminuye continuamente al avanzar la misma. En la parte aérea total las concentraciones oscilaron entre: 0,30 y 0,05 a 0,08 por ciento, para los primeros estadios de crecimiento y madurez respectivamente. En las hojas oscilaron entre 0,30 a 0,39, 0,31 y 0,1 a 0,23 por ciento para los primeros estadios de desarrollo, floración y madurez, respectivamente. En los tallos, el rango fue de 0,15 a 0,20, 0,09 a 0,17 y 0,04 a 0,07 por ciento en las mismas etapas descritas anteriormente. En los pecíolos los datos muestran 0,20 y 0,05 por ciento en etapas iniciales y madurez, respectivamente. Los valores mas frecuentes de concentraciones de fósforo y nitrógeno observados en los folíolos de las hojas mas recientemente maduras, de plantas en floración, pertenecientes a cultivos bien nutridos, oscilan entre 0,26 y 0,50 por ciento y 4,51 y 5,50 por ciento respectivamente.

### c. Parte Reproductiva

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 c), encontraron 0,40 por ciento de fósforo en las vainas, en plena floración. La concentración de fósforo decreció luego de forma

das las vainas e iniciado el llenado de grano, para situar se en la madurez en 0,05 por ciento. Este rápido descenso fue interpretado como traslocación de fósforo a los granos en desarrollo.

Los datos presentados por Borst, H.L. y Thatcher, L.E., citados por De Mooy, J.C. et al. (1970), indican concentraciones altas y crecientes de fósforo en la fracción reproductiva. En el cuarto mes de crecimiento las concentraciones, en vainas y granos fueron de: 0,15 y 0,65 por ciento respectivamente.

Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), observaron un aumento de la concentración de fósforo en la fracción reproductiva durante el llenado de grano, coincidente con la creciente acumulación de materia seca.

Mascarenhas, H.A.A. (1973), encontró que la concentración de fósforo en la fracción reproductiva aumentó continuamente desde el inicio del llenado de grano hasta la madurez, siendo, los valores: 0,35 y 0,39 por ciento respectivamente.

Asuaga, A. et al. (1981) citan concentraciones de 0,39 por ciento de fósforo en la materia seca del grano cosechado del tratamiento sin fertilizar, trabajando sobre suelos pobres en fósforo disponible.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 c), reportaron que la concentración de fósforo en el grano, varió muy poco con la ubicación de éstos en la planta y decreció lentamente entre el estadio 9 y la madurez.

En cuanto al porcentaje de nitrógeno en el grano,

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 c), informaron de un promedio para todas las variedades de 6,3 por ciento.

A su vez, Jones, G.D, y Lutz Jr., J.A. (1971), encontraron que en el tratamiento testigo, sin fertilización el porcentaje de nitrógeno fue de 5,84.

Trabajando en suelos de bajo nivel de fósforo disponible, Bhangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972), reportaron un porcentaje de 6,16 para el tratamiento testigo sin fertilizar.

El tratamiento testigo, (sin fertilizar) del ensayo de Asuaga, A. et al. (1981) ubicado sobre suelos pobres en fósforo disponible, (5-6 ppm) contenía: 5,53 por ciento de nitrógeno en el grano.

En suelos de 12 ppm de fósforo, Boswell, F.C. y Anderson, O.E. (1976), encontraron valores de aproximadamente 5,80 por ciento.

De acuerdo a lo visto, surge que el porcentaje de fósforo en la fracción reproductiva incrementa continuamente desde el inicio del llenado de grano hasta la madurez, siendo los valores de 0,35 y 0,39 respectivamente. Dicho incremento es consecuencia, en parte, de la traslocación del fósforo hacia el grano en desarrollo desde otras partes de la planta. Así, en las vainas pasa de 0,40 por ciento en la floración a 0,05 - 0,15 por ciento en la madurez, mientras el grano alcanza en ésta última etapa 0,65 por ciento.

El porcentaje de nitrógeno en el grano oscila entre 5,80 y 6,30.-

d. Efecto de la fertilización sobre la composición química.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 c), encontraron que la aplicación de 49 kilogramos por hectárea de fertilizante fosfatado, resultó en pequeños incrementos en la concentración de fósforo en todas las partes de la planta.

Hanson, R.G. (1979), informó que el agregado de 140 unidades de fósforo por hectárea, tanto en banda como al voleo, incrementó en 0,08, en promedio, la concentración de fósforo total sobre un testigo de 0,27 por ciento de fósforo.

En suelos de bajo nivel en fósforo disponible, la concentración de fósforo en las hojas, según Ham, G.E., et al. (1973), fue el único elemento que aumentó significativamente, con dosis crecientes de fósforo aplicado.

Bhangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972), encontraron que en suelos de bajo nivel de fósforo disponible, el agregado de 40 unidades de fósforo, causó un incremento significativo, del 10,71 por ciento, en la concentración de fósforo en las hojas, a las cinco semanas post-siembra, sobre un testigo de 0,28 por ciento de fósforo, para 1967. Idéntico ensayo, realizado en el mismo suelo, en 1968, causó un incremento, no significativo, del 6,90 por ciento en la concentración de fósforo en las hojas, a las cinco semanas post-siembra, sobre el testigo de 0,29 por ciento. Los autores concluyen que la falta de respuesta a la fertilización, puede ser atribuída al incremento del nivel de fósforo del suelo, ocasionado por la aplicación de fósforo continuada.

Jones, G.D., Lutz Jr., J.A. y Smith, T.J. (1977), trabajando en suelos de bajo nivel de fósforo, indicaron que el agregado de 60 unidades de fósforo por hectárea, incrementó significativamente la concentración del nutriente en las hojas. Aproximadamente a los dos meses post-siembra, la concentración pasó de 0,47 a 0,53 por ciento y a la madurez, de 0,14 a 0,19 por ciento.

Jones, G.D. y Lutz Jr., J.A. (1971), informaron que el contenido de fósforo en las hojas, durante la floración, fue de 0,28, 0,47, 0,55 y 0,55 por ciento para: 0; 12,2; 24,4 y 48,8 kilogramos por hectárea de fósforo agregado, respectivamente.

Mascarenhas, H.A.A., et al. (1975), encontraron que en rotaciones donde se han realizado adecuadas fertilizaciones fosfatadas, la concentración de fósforo en las hojas no incrementó con el agregado del mismo nutriente.

Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958), en estudios de campo, encontraron que en la floración, el porcentaje de fósforo incrementó al aumentar el nivel de fósforo del suelo. Las concentraciones en la planta fueron de: 0,19, 0,22, 0,26, y 0,27 por ciento, para los niveles de fósforo en el suelo: bajo, medio, medio-alto y alto respectivamente.

De Mooy, J.C. y Pesek, J. (1969), reportaron que los valores de concentración de fósforo en las hojas, en la floración, asociados a los máximos rendimientos, fueron inferiores a los asociados con máximo crecimiento temprano. A partir de esto, sugirieron, que soja con su-

ficiente aporte de fósforo, produciría un gran crecimiento en los estadios tempranos, y que la misma, no llegaría a la producción de un máximo rendimiento en grano a la madurez.

Ham, G.E., et al.(1973), trabajando en suelos de bajo nivel de fósforo, encontraron que el rendimiento de grano, fue paralelo a la concentración de fósforo en las hojas.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 c), encontraron que la existencia de altos niveles de fósforo disponible en el suelo, proveniente de la fertilización, no afectó la traslocación del fósforo hacia el grano.

Jones, G.D., Lutz Jr., J.A. y Smith, T.J. (1977), informaron, que el agregado de 60 unidades de fósforo por hectárea, en suelos de bajo nivel de fósforo disponible, incrementó la concentración de fósforo en el grano de 0,57 a 0,63 por ciento. Este aumento fue explicado por los autores, por el incremento del fósforo en la hoja al agregar fósforo.

Asuaga, A. et al.(1981), vieron que, en suelos de bajo nivel de fósforo disponible, el agregado de 120 kilogramos de  $P_2O_5$  al voleo por hectárea, incrementó la concentración de fósforo en el grano de 0,382 a 0,479 por ciento.

Bhangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972), encontraron que para suelos de niveles bajos de fósforo disponible, el agregado de 40 unidades de fósforo por hectárea, no hizo variar significativamente, la concentración de fósforo en el grano, que pasó de 0,61 a 0,62 por ciento, en promedio para los 2 años de estudio.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 c), encontraron, que la fertilización fosfatada no varió significativamente al porcentaje de nitrógeno en el grano, que promedió para todas las variedades: 6,3.

Asuaga, A. et al. (1981), observaron que la fertilización fosfatada no afectó el porcentaje de nitrógeno en el grano, en suelos de bajo nivel de fósforo disponible.

A su vez, Jones, G.D. y Lutz, Jr., J.A. (1971), encontraron, que con dosis crecientes de fósforo agregado (0, 12, 24, 48 y 96 kilogramos por hectárea), el porcentaje de nitrógeno en el grano fue de: 5,84, 6,18, 6,11 y 6,20 respectivamente.

Bhangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972), reportaron que sobre suelos de bajo nivel de fósforo disponible, el agregado de 40 unidades de fósforo por hectárea, incrementó, en forma no significativa, en 0,07 el porcentaje de nitrógeno del grano, sobre el testigo de 6,16 por ciento.

En suelos de 12 ppm de fósforo, Boswell, F.C. y Anderson, O.E. (1976), encontraron que el porcentaje de nitrógeno en el grano no varió significativamente, con la fertilización fosfatada, promediando 5,80 por ciento.

Sintetizando, el efecto de la fertilización fosfatada sobre el porcentaje de fósforo de la planta entera, parece depender del nivel de fósforo disponible del suelo y de la dosis de fertilización. Agregados moderados de fertilizante fosfatado producen solo débiles incrementos, mientras que agregados mayores producen incrementos significa-

tivos. En suelos bajos en fósforo disponible, la fertilización incrementa el porcentaje de fósforo en las hojas en todos los estadios de crecimiento. Cuando la disponibilidad de fósforo en el suelo es abundante, la fertilización no produce incrementos. A su vez la concentración de fósforo en hojas de plantas en floración, incrementa con el nivel de fósforo en el suelo. Con respecto al porcentaje de fósforo en el grano, parece ocurrir un comportamiento similar al descrito para las hojas. El porcentaje de nitrógeno en el grano, parece no variar significativamente con la fertilización tanto en suelos de bajo como de alto nivel en fósforo disponible.

#### 4. Acumulación de fósforo y tasas.

##### a. Acumulación de fósforo.

La acumulación de fósforo realizada a lo largo de la estación de crecimiento, por las distintas fracciones de la planta, es función de la materia seca producida y de la concentración de fósforo en cada fracción.

Hammond, L.C., et al., citados por Henderson, J. B. y Kamprath, E.J. (1970), encontraron que la acumulación de fósforo en la fracción vegetativa, aumentó hasta un máximo a los 87 días post-siembra y disminuyó 7,6 kilogramos por hectárea de ahí hasta la madurez.

Datos parecidos fueron reportados por Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), quienes vieron un pequeño y consistente aumento en la acumulación de fósforo en la fracción vegetativa, hasta alrededor de los 100 días post-siembra, donde se alcanzó el máximo. En 1967, este máximo fue

de 17,5 kilogramos por hectárea. Luego la acumulación de fósforo disminuyó.

Mascarenhas, H.A.A. (1973), encontró un gradual y consistente aumento en la acumulación de fósforo en la parte vegetativa hasta los 80 días post-emergencia, donde alcanzó un máximo de 21,4 kilogramos por hectárea, para disminuir de ahí en adelante.

Hanway, J.J. y Weber, C.R., (1971 d.), estudiaron durante dos años las cantidades de fósforo acumuladas en la parte aérea de la planta de soja, en los sucesivos estadios de desarrollo, y la influencia de la nodulación, fertilización y variedad, sobre las mismas. El fósforo en hojas, pecíolos y tallos, se acumuló hasta el estadio 8, y en las vainas entre los estadios 6 y 8. Luego, observaron una rápida remoción del fósforo de éstas partes de la planta, para dirigirse hacia el grano. A partir del estadio 9, observaron una disminución mayor del fósforo en la porción vegetativa, atribuida a la caída de hojas. Las pérdidas de fósforo por este motivo fueron aproximadamente de 3 kilogramos por hectárea o, el 19 por ciento del fósforo total acumulado.

Simultáneamente a la disminución en la acumulación de fósforo en la porción vegetativa, Hammond, L.C., et al. (1951), Henderson, J.B. y Kamprath, E.J., (1970), Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d.), y Mascarenhas, H.A.A. (1973) describieron un incremento en la acumulación de fósforo total que continuó hasta la madurez.

Hammond, L.C. et al. , citados por Hanway, J.J. y

Weber, C.R. (1971 d.), encontraron que la absorción total de fósforo alcanzó 19 kilogramos por hectárea, para una soja rindiendo aproximadamente 2.900 kilogramos por hectárea de grano.

Los datos presentados por Henderson, J.B. y Kamprath E.J. (1970), muestran que para el año 1967, la acumulación máxima se produjo a los 140 días post-siembra y fue de 38 kilogramos por hectárea de fósforo.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d.), obtuvieron el máximo de acumulación de fósforo, para los tratamientos no dulados y sin fertilización, en el estadio 10, ascendiendo a 16 kilogramos por hectárea de fósforo.

En el estudio llevado a cabo por Mascarenhas, H.A.A. (1973), el fósforo total acumulado alcanzó el máximo a la madurez (140 días post-emergencia), siendo éste de 44,8 ki logramos por hectárea.

Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1975), citan una acumulación promedio de fósforo a la madurez, con excepción de las raíces, de 25 kilogramos por hectárea.

Varios autores observaron que un alto porcentaje del fósforo total, acumulado por la planta, se encontraban en el grano.

Es así que Hammond, L.C. et al., citados por Ohlrogge A.J. (1960), encontraron en el grano del 82 al 85 por ci ento del fósforo total de la planta, a la madurez.

Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1968), indicaron que un 62,5 por ciento del fósforo total a la cosecha se en

contraba en el grano.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d), obtuvieron que un 73 por ciento del fósforo total de la planta, incluyendo hojas caídas, se encontraba en el grano.

Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1975), indicaron que a la madurez una soja de 3.350 kilogramos de grano por hectárea presentó el 82 por ciento del fósforo total de la planta, excepto raíces, en el grano.

En la variedad Santa Rosa, Bataglia, O.C. et al. (1978) encontraron que el 83,7 por ciento del fósforo total de la planta, excluyendo vainas y hojas caídas, se encontraba en los granos.

Según Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), la acumulación de fósforo en la fracción reproductiva fue de 34,2 kilogramos por hectárea para el año 1967.

De acuerdo con Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1968) una parte importante del fósforo en el grano, proviene de los tejidos vegetativos en maduración, que almacenarían nutrientes para moverlos en determinados momentos, a los tejidos de necesidades mas altas.

Ohlrogge, A.J. (1960), resumió datos de varios investigadores, los que señalaron que, por lo menos, el 40 por ciento del fósforo del grano, podría haber sido traslado de las vainas, hojas y tallos, asumiendo que todo el fósforo que desaparece de estos órganos se mueve hacia el grano.

Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), aunque no midieron el fósforo de las hojas caídas, indicaron que por lo menos, la mitad del fósforo acumulado en la fracción repro

ductiva, podría provenir de la traslocación.

Por su parte, Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d.), encontraron que a la madurez, aproximadamente el 50 por ciento del fósforo presente en los granos provino, por traslocación, del fósforo contenido en otras partes de la planta hasta el estadio 8.

Hammond, L.C., et al., citados por Kollman, G.E. et al. (1974), calcularon en base a patrones de acumulación y pérdida de fósforo en la planta, que del 56 al 71 por ciento del fósforo presente en el grano a la madurez, podría provenir de la pérdida que sufren las hojas, tallos y vainas.

Kollman, G.E., et al. (1974), ofrecieron otra aproximación para determinar la distribución de materia seca, carbohidratos y nutrientes, entre la parte vegetativa y reproductiva, al hacer variar el número de vainas por nudo. A la madurez, las cantidades de fósforo en hojas y tallos declinaron en forma lineal y rápida al aumentar el número de vainas por nudo, con un cambio de 64 por ciento entre 0 y 2,7 vainas por nudo, mientras que el contenido en vainas y grano aumentó mas pronunciadamente.

Hammond, L.C., et al., citados por Ohlrogge, A.J. (1960), mostraron que las transferencias relativas de fósforo dentro de la planta dependen del nivel de fósforo en el suelo. Indican que las mayores transferencias relativas de fósforo ocurren a bajos niveles de fósforo en el suelo.

Según Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d.), la frac

ción del fósforo acumulada en el grano que no proviene de la traslocación, provendría claramente del suelo.

Estudios conducidos en Ohio por Bureau, M.F., et al. citados por Ohlrogge, A.J. (1960), indican que entre los 75 y 110 días post-siembra, la tasa de extracción de fósforo del fertilizante, alcanzó un máximo de 0,22 kilogramos por hectárea por día. Además, que aproximadamente el 80 por ciento del fósforo recuperado del fertilizante, por la planta, fue absorbida en los 39 días entre floración tardía y justo antes de la caída de las hojas.

Podemos concluir, que la acumulación de fósforo en la fracción vegetativa, aumenta progresivamente hasta alcanzar un máximo entre los 80 y 110 días post-siembra, que oscila entre 17,5 y 21,4 kilogramos por hectárea. Luego de este máximo, disminuye hasta la madurez, como consecuencia de la caída de hojas y la traslocación. Simultáneamente con la disminución del fósforo acumulado en la porción vegetativa, ocurre un aumento en la acumulación de la planta entera, debido a la intensa acumulación que se produce en el grano. El máximo acumulado por la planta entera será próximo a la madurez y oscila entre 16 y 44,8 kilogramos por hectárea. Aproximadamente, de un 70 a un 80 por ciento del fósforo total acumulado en la madurez se encuentra en el grano. Además, un 40 a 70 por ciento del fósforo presente en el grano, proviene por traslocación desde las hojas, tallos y vainas, El resto proviene directamente del suelo. La transferencia relativa de fósforo dentro de la planta, parece depender del nivel de fósforo en el suelo, siendo mayor cuanto menor sea este último.

b. Tasas de acumulación de fósforo.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d), observaron que las tasas de acumulación fueron lentas al principio, crecientes hasta el estadio 5 y altas y constantes hasta el estadio 9, donde alcanzaron valores de 0,40 kilogramos por hectárea y por día.

Leggett, y Frere, citados por De Mooy, J.C., Pesek, J. y Spandon, E. (1970), encontraron una acumulación lenta en las primeras etapas de crecimiento, que se incrementa rápidamente al comienzo de la floración y continúa en forma relativamente constante hasta la senescencia.

Barber, S.A. (1978), indicó que las tasas diarias de absorción de fósforo del suelo, se incrementaban desde la siembra hasta los 90 días, alcanzando en ese momento 0,63 kilogramos por hectárea. Luego decrece continuamente hasta la madurez, volviéndose negativa (- 0,054 kilogramos de fósforo por hectárea y por día). Este podría resultar parcialmente de la caída de hojas.

La tasa diaria de acumulación de fósforo en la parte aérea, durante el llenado del grano, obtenida por Asuaga A., et al. (1981), para suelos bajos en fósforo disponible, fue de 0,096 kilogramos por hectárea.

Ohlrogge, A.J., (1960), cita que varios autores encontraron, para niveles altos de fosfatos en el suelo, una tasa de acumulación de fósforo constantemente creciente que alcanzó un máximo de 0,45 kilogramos por hectárea y por día, durante el período de llenado del grano.

Hammond, et al., citados por Ohlrogge, A.J., (1960) indicaron que la tasa siempre creciente de absorción era el resultado de la mayor demanda del grano.

Harper, citado por De Mooy, J.C., Pesek, J. y Spandon, E. (1970), confirmó por su parte el gran aumento en la acumulación de nutrientes, entre ellos el fósforo, durante la floración temprana que alcanzó su máximo entre floración plena y medio llenado de grano.

Hammond, L.C., et al., citados por Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d.), encontraron que la tasa máxima de acumulación de fósforo, fue de 0,39 kilogramos por hectárea y por día entre los 73 y 110 días post-siembra.

Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969), observaron que entre los 60 y 90 días post-siembra, la absorción de fósforo puede alcanzar tasas de 0,45 kilogramos por hectárea y por día.

Por su parte, Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970) encontraron que la acumulación total de fósforo, se dió a una tasa máxima de 0,83 kilogramos por hectárea y por día entre los 120 y 130 días post-siembra. A su vez, en la fracción vegetativa, la tasa máxima fue de 0,37 kilogramos por hectárea y por día, entre los 90 y 100 días post-siembra. En la fracción reproductiva, la tasa máxima fue de 1,21 kilogramos por hectárea y por día, entre los 120 y 130 días post-siembra.

Hammond, L.C., et al., citados por De Mooy, J.C., Pesek, J. y Spanden, E. (1970), encontraron que del total de fósforo presente en el grano, el 70 por ciento fue acu

mulado entre la floración plena y la madurez.

De la misma manera, Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d.), observaron que en el período de 46 días entre los estadios 5 y 9, se acumuló, por lo menos, el 75 por ciento del fósforo total.

Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), informaron, a su vez, que aproximadamente el 45 por ciento del fósforo total en la planta, se acumuló entre el inicio del llenado de grano y la madurez.

Resumiendo, la tasa de acumulación de fósforo por la planta, es lenta en las primeras etapas de crecimiento, incrementa rápidamente al comienzo de la floración, alcanzando un máximo durante el llenado de grano, manteniéndose alta hasta el fin de llenado de grano. Este máximo oscila entre 0,39 y 0,83 kilogramos por hectárea y por día, siendo el valor más frecuente: 0,45. La máxima tasa de acumulación de fósforo en la fracción vegetativa ocurre en la floración, alcanzando valores de 0,37 kilogramos por hectárea y por día. La máxima reproductiva ocurre durante el llenado de grano, alcanzando valores tan altos como 1,91 kilogramos por hectárea y por día. Aproximadamente el 75 por ciento del fósforo total y el 70 por ciento del fósforo del grano, se acumula entre la floración plena y la madurez, mientras que, durante el llenado del grano se acumula el 45 por ciento del fósforo total.

#### c. Acumulación comparativa de materia seca y fósforo

Borst, H.L. y Thatcher, L.E., (citados por Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), reportaron que la tasa de acu-

mulación de materia seca y la de absorción de fósforo, fueron mas o menos paralelas, con los máximos ocurriendo aproximadamente al mismo tiempo.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d.), encontraron que la acumulación total de fósforo y la de materia seca, tuvieron un comportamiento similar.

Mascarenhas, H.A.A. (1973), indicó, que a pesar de ser semejantes, la acumulación relativa de fósforo fue mas lenta que la de materia seca.

Por su parte, Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), informaron que en 1967, la acumulación relativa de fósforo no fue tan rápida como la de materia seca para los primeros 110 días post-siembra. En este momento, se habían acumulado, aproximadamente, el 90 por ciento de la materia seca total y un 55 por ciento del fósforo total. Esta mayor acumulación de fósforo hacia el final de la estación de crecimiento, fue debida a que casi todo el fósforo se acumuló en el grano. Bajo buenas condiciones de crecimiento, la acumulación de fósforo continuaría hasta el desarrollo completo del grano.

Las acumulaciones relativas de materia seca y fósforo son afectadas por las condiciones de humedad. Así, en un año seco, la acumulación máxima de fósforo se alcanza antes y se reducen el rendimiento en grano y las necesidades de fósforo.

De lo previamente visto, surge que si bien la acumulación total de fósforo, así como las tasas de acumulación ocurren mas o menos en forma paralela, la acumulación relativa de materia seca es más rápida que la de fós

foro en los primeros 110 días post-siembra. Luego y como consecuencia del gran flujo hacia el grano, la acumulación relativa de fósforo se hace mayor. La falta de agua reduce el rendimiento y las necesidades de fósforo, por lo que se alcanza antes la máxima acumulación del nutrientes.

d. Efecto de la fertilización sobre la acumulación de fósforo.

Welch, C.D. et al., citados por Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958), indicaron que el fósforo del suelo fue una fuente importante para la planta, ya que con el agregado de 48 kilogramos de fósforo por hectárea, el porcentaje del mismo en la planta que provino del fertilizante, fue un 28 por ciento, para suelos de bajo nivel de fósforo y un 19 por ciento para suelos de alto nivel en el mismo.

En sus estudios de campo, Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958), encontraron que en la floración, la absorción total de fósforo incrementó con el nivel de fósforo del suelo. La extracción de fósforo para los niveles bajos (4-10 ppm), medios (11-31 ppm), medios-altos (32-56 ppm) y altos (56 ppm), fueron de: 3,03; 7,06; 10,30; y 11,40 kilogramos por hectárea respectivamente.

Ohlrogge, A.J. (1960), concluyó que una parte importante del fósforo en la planta podría derivarse del fertilizante, y que la absorción total del nutriente podría ser incrementada con la aplicación de fertilizantes fosfatados.

Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d.), encontraron que con aplicaciones de 49 kilogramos por hectárea de fertilizante fosfatado, la acumulación total de fósforo en la

planta, incrementó en 5 kilogramos por hectárea, o un 10 por ciento del fósforo aportado.

Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969), reportaron que la recuperación del fósforo del fertilizante osciló en un rango de 5 a 20 por ciento, bajo suministro abundante del nutriente.

Similares datos fueron reportados por Wilkinson, citado por Ohlrogge, A.J. (1960), quien encontró un rango de recuperación de 9 a 21 por ciento.

Bureau, M.F. et al. citado por Ohlrogge, A.J. (1960) indican una recuperación del fósforo aplicado en bandas, del 47 por ciento en suelos con bajo nivel de fósforo, cuando se agregaron 50 kilogramos de fósforo por hectárea utilizando como fuente el superfosfato.

El valor de recuperación más común, del fósforo a partir del fertilizante, indicado por Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1975), fue de 25 por ciento.

Ohlrogge, A.J. (1960), estableció que la mayor parte del fertilizante fosfatado aplicado a la siembra fue absorbido después de 2 a 3 meses de la misma.

Bureau, M.F. et al. , citados por Ohlrogge, A.J., (1960), encontraron también una gran absorción tardía a partir del fertilizante. En aplicaciones de fertilizantes altamente solubles, sobre suelos de bajo nivel de fósforo, obtuvieron incrementos altamente significativos en la extracción total de fósforos, en las etapas previas al llenado de grano. Paralelamente, se dió una continua disminución del rendimiento en grano.

Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969), establecieron que la máxima absorción de fósforo del fertilizante, ocurrió durante el llenado de las vainas.

En suelos bajos en fósforo disponible, Asuaga, A. et al., (1981), encontraron que la fertilización fosfata incrementó la acumulación de fósforo por las plantas de soja, a partir de la floración, como consecuencia de su modalidad tardía de absorción.

De acuerdo a lo visto, independientemente del nivel de fósforo en el suelo, la fertilización incrementa la absorción de fósforo por la planta. Los valores de recuperación oscilan entre 5 y 25 por ciento. Las recuperaciones mayores se dan en suelos de niveles bajos en fósforo disponible.

Finalmente, las máximas tasas de absorción de fósforo a partir del fertilizante, se producen entre el llenado de vainas y el llenado de grano, lo que confirma los datos anteriormente presentados.

### III.- MATERIALES Y METODOS

#### CASION

El ensayo fue realizado, en el período comprendido entre los meses de Noviembre de 1979 y Mayo de 1980, en la Estación Experimental Dr. A. Dackhaus, perteneciente a la Facultad de Agronomía, en el Departamento de Montevideo.

#### MA

El cuadro 1 muestra las temperaturas mensuales registradas en la localidad de Aeródromo de Melilla, Montevideo, durante los meses que abarcó el ensayo, en relación a las temperaturas normales, calculadas para la zona.

Cuadro No. 1 - TEMPERATURAS NORMALES REGISTRADAS AL ABRIGO METEOROLOGICO (°C), PARA EL PERIODO DE ENSAYO EN LA LOCALIDAD DE AERODROMO DE MELILLA, MONTEVIDEO, URUGUAY, 1979-1980.

### M A T E R I A L E S Y M E T O D O S

Temperaturas	N	D	E	F	M	A	M
Temperatura normal (a)	18,4	20,8	22,6	22,2	20,4	17,0	13,8
Temperatura registrada	24,0	26,9	28,4	28,0	25,9	22,2	18,6
Diferencia	13,0	15,2	17,0	16,8	15,4	12,2	9,3
Temperatura normal (b)	17,4	20,2	23,0	21,9	22,7	19,3	15,8

Temperaturas registradas en la Casilla No. 585 de la ex-Estación Meteorológica del Observatorio Prado, Montevideo. Para el período 1883-1973.

Datos registradas en la Casilla No. 575 de la localidad de Aeródromo de Melilla, Montevideo.

A continuación, se presentan las temperaturas geotérmicas

III.- MATERIALES Y METODOS

A. UBICACION

El ensayo fue realizado, en el período comprendido entre los meses de Noviembre de 1979 y Mayo de 1980, en la Estación Experimental Dr. A. Backhaus, perteneciente a la Facultad de Agronomía, en el Departamento de Montevideo.

B. CLIMA

El cuadro 1 muestra las temperaturas mensuales registradas en la localidad de Aeródromo de Melilla, Montevideo, durante los meses que abarcó el ensayo, en relación a las temperaturas normales, calculadas para la zona.

Cuadro No. 1 - TEMPERATURAS NORMALES REGISTRADAS AL ABRIGO METEOROLOGICO ( $^{\circ}$ C), PARA EL PERIODO 1901-1973, Y PARA EL CICLO AGRICOLA 1979-1980.-

Temperaturas	N	D	E	F	M	A	M
Normales: @							
media	18,4	20,8	22,6	22,2	20,4	17,0	13,8(+)
máxima media	24,0	26,9	28,4	28,0	25,9	22,2	18,6
mínima media	13,0	15,2	17,0	16,9	15,4	12,2	9,3
Registrado 1979/80 (b)	17,4	20,2	23,0	21,9	22,7	19,3	15,8

@. Datos registrados en la Casilla No. 585 de la ex-Estación Meteorológica del Observatorio Prado, Montevideo.

(+). Para el período 1883-1973.

(b). Datos registrados en la Casilla No. 575 de la localidad de Aeródromo de Melilla, Montevideo.

A continuación, se presentan las temperaturas geotér

micas registradas durante el período de crecimiento del cultivo, a varias profundidades del suelo. (Cuadro No. 2)

Cuadro No. 2 - TEMPERATURAS GEOTERMICAS MEDIAS MENSUALES PARA EL PERIODO AGRICOLA 1979-1980 (en °C).

Profundidad en metros	N	D	E	F	M	A	M
0,05	17,8	21,2	23,2	21,6	23,2	19,6	16,2
0,10	17,8	21,2	22,8	21,5	23,2	19,7	16,4
0,15	18,0	21,1	22,7	21,9	23,4	20,3	17,1
0,20	17,9	21,0	22,4	21,8	23,3	20,4	17,2
0,50	17,9	20,7	22,4	22,4	23,3	20,8	17,9

Datos registrados por la Estación Meteorológica No. 575 en la localidad de Aeródromo de Melilla, Montevideo.

En el cuadro No. 3, se presentan las precipitaciones mensuales medibles registradas en la localidad de Aeródromo de Melilla, en Montevideo, durante los meses que abarcó el ensayo, relacionada con los valores normales calculados para la zona.

### C. SUELO.

El suelo utilizado fue un Brunosol subéutrico típico (I) (DSF), cuya descripción es la siguiente:

0-10 cm. Pardo, muy oscuro (10 YR 3/2), franco arcillo-limoso liviano; bloques subangulares finos, moteados; transición gradual.

10-20 cm. Pardo, muy oscuro (10 YR 3/2), franco arcillo limoso; bloques subangulares medios moderados a débiles, transición clara.

20-37 cm. Gris muy oscuro a negro (10 YR 2,5/1), com moteado pardo oscuro (10 YR 3/3), común, pequeño, tenue, arcillo limoso; bloques subangulares medios y gruesos, moderados a fuertes; películas de arcilla con tinuas medias; transición gradual.

B<sub>21t</sub>

37-52 cm. Gris muy oscuro a pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/1,5) con moteado pardo oscuro (7,5 YR 3/2) común, mediano, tenue; arcillo limoso; bloques subangulares medios y gruesos fuertes; películas de arcilla continuas medias; transición gradual.

B<sub>22t</sub>

52-80 cm. Pardo oscuro (7,5 YR 3,5/2) y pardo grisáceo a gris muy oscuro (10 YR 3/1,5); arcillo limoso, bloques subangulares medios, moderados; películas de arcilla discontinua y algunas de deslizamiento.

Cuadro No. 3 - LLUVIAS MEDIBLES EN MİLIMETROS, REGISTRADAS PARA EL PERIODO 1950 a 1980 (NORMALES) Y PARA EL CICLO AGRICOLA 1979-1980, Y DIAS CON LLUVIAS MEDIBLES PARA ESTE ULTIMO.

Totales mensuales	N	D	E	F	M	A	M
Normal	75,0 <sup>@</sup>	68,8 <sup>@</sup>	95,5	94,1	92,7	80,1	86,0
Registrado 1979/1980	45,1	42,6	40,0	142,7	169,4	310,8	1,2 #
Días con lluvia medible.-	6	5	5	6	7	15	2 #

@. Para el período 1950-1979.

#. Hasta la cosecha.

Datos registrados por la Casilla No. 575, de la localidad de Aeródromo de Melilla, Montevideo,

El análisis del suelo del área experimental fue realizado en el laboratorio de la Cátedra de Suelos de la Facultad de Agronomía. Algunas propiedades físicas y químicas del suelo aparecen en el cuadro No. 4.-

Cuadro No. 4 - ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO DEL ENSAYO.

DETERMINACION	PROFUNDIDAD (cm.)	BLOQUES			
		I	II	III	IV
Fósforo (ppm) Bray No. 1	0 - 15	14	17	12	14
DENSIDAD APARENTE	12 - 20	1,06	1,18	1,16	1,12
	25 - 33	1,42	1,41	1,39	1,41
	45 - 53	1,52	1,44	1,45	1,59

#### D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Consistieron en la combinación factorial completa de 3 dosis de fósforo aplicadas al voleo y 3 dosis de fósforo ubicadas en una banda debajo y al costado de la semilla. Las dosis utilizadas fueron: fósforo al voleo: 0, 40 y 80 kilogramos de  $P_2O_5$  por hectárea; fósforo en banda: 0, 20 y 40 kilogramos de  $P_2O_5$  por hectárea. Estos 9 tratamientos se agruparon como parcelas divididas en bloques al azar con 4 repeticiones. La parcela principal correspondió a la banda, mientras que la subparcela, correspondió al voleo. Los tratamientos resultantes se detallan en el cuadro No. 5.-

Cada parcela estuvo compuesta por 6 filas de 6 metros de longitud a 0,6 metros de distancia entre sí, lo que tota

Cuadro No. 5 - TRATAMIENTOS REALIZADOS.

No. Tratamiento	Forma de aplicación del fertilizante fosfatado	
	kilogramos por hectárea de $P_2O_5$	
	Banda	Voleo
1	0	0
2	0	40
3	0	80
4	20	0
5	20	40
6	20	80
7	40	0
8	40	40
9	40	80

lizó un área por parcela de 21,6 m<sup>2</sup>.

Las filas cumplieron las siguientes funciones en la parcela:

- las dos filas exteriores, sirvieron como borde con las demás parcelas,

- a continuación de uno de estos bordes, se destinaron 2 filas consecutivas para la extracción de folíolos y estimación de rendimiento,

- luego se dejó otra hilera, que actuó como borde entre las filas de extracción de folíolos y estimación de rendimiento y la quinta fila,

- ésta quinta fila, destinada para la extracción de muestras se denominó: de muestreo,

- la sexta fila, ya citada en el primer punto, actuó

como borde. 20 días post-siembra, se efectuó una revisión

Al inicio y fin de cada parcela, se dejó un borde de 0,3 metros en las filas de muestreo, y de 1 metro en las de extracción de folíolos y estimación de rendimiento.

El área útil de la parcela para el estudio del crecimiento fue de  $3,24 \text{ m}^2$  (0,6 x 5,4).

Del mismo modo, el área útil para el estudio del rendimiento fue de  $4,80 \text{ m}^2$  (1,2 x 4,0).

La fuente de fósforo utilizada fue Superfosfato de Calcio, de análisis: 0-21-23-0.

#### E. MANEJO DE ENSAYO.

##### 1. Laboreo

En el área del ensayo, se realizó una arada a mediados de agosto y una disquedad a principios de noviembre, a continuación de la aplicación del fertilizante al voleo, a los efectos de incorporarlo al suelo.

##### 2. Fertilización

Las dosis de fósforo al voleo, fueron distribuidas uniformemente, en forma manual, sobre la superficie de cada parcela.

Las dosis en banda fueron aplicadas a la siembra, en forma mecánica, de tal manera, que quedaron a 5 cm. por debajo y al costado de las semillas.

##### 3. Siembra

La variedad Lee 74, previamente inoculada, se sembró el 22 de noviembre de 1979.

A los 20 días post-siembra, se efectuó una resiembra en aquellos lugares donde falló la implantación.

A los 30 días post-siembra, se efectuó un conteo de plantas, por el que se determinó un promedio de 20,73 plantas por metro de fila (aproximadamente 345.500 plantas por hectárea).

#### 4. Control de malezas

El ensayo fue mantenido sin malezas durante todo el ciclo, mediante controles manuales y mecánicos. Los mismos fueron relativamente frecuentes desde la emergencia hasta que el cultivo "cerró".

#### 5. Tratamientos sanitarios

Al comprobarse daños en el cultivo, por larvas de Lepidópteros y algunos Coleópteros, se procedió a realizar tratamientos curativos, los días 19 de diciembre de 1979, 1 de febrero de 1980 y 26 de febrero del mismo año. Los mismos fueron realizados con Dicarbam-85, Tamarón y Oxiclo ruro de cobre + Fitomicina + Dicarbam-85, respectivamente.

#### F. MUESTREOS.

##### 1. Muestreos de suelo.

En este aspecto, se persiguieron dos objetivos: determinar el nivel de fósforo en la capa arable del suelo y la densidad del mismo.

##### a. Nivel de fósforo.

El muestreo se realizó en forma previa a la fertilización, de manera de determinar el nivel inicial del nu-

triente, una vez delimitada y marcada el área del ensayo. Se hizo a razón de una muestra por bloque, compuesta por 10 a 12 tomas simples.

Las tomas simples se practicaron en los primeros 20 cm de suelo, siguiendo una trayectoria al azar.

b. Densidad.

Una vez finalizado el ensayo, se tomaron muestras para determinar la densidad del suelo en cuestión, a tres profundidades: 12-20, 25-33 y 45-53 cm.

2. Muestreo de planta.

Se realizaron muestreos para observar crecimiento, nivel nutricional y rendimiento en grano.

a. Caracterizadores del crecimiento.

Se realizaron cortes cada 20 días, en las filas reservadas a tal fin, a partir de los 40 días post-siembra.

Durante el ciclo de crecimiento, se tomaron 6 muestras por parcela, de 80 cm de longitud cada una. Cada muestra consistió de 2 segmentos de fila de 40 cm de longitud, en los cuales se recolectaron todas las plantas comenzando desde ambos extremos de la parcela, avanzando hacia el centro.

No se incluyeron las hojas caídas.

El sexto corte solo incluyó material reproductivo.

b. Caracterizadores del nivel nutricional.

El día 22 de febrero de 1980, se recolectaron los fo

líos de las hojas recientemente maduras, en la mitad de la floración del cultivo, de las filas reservadas a tal fin. Se tomaron los folíolos de 25 hojas por fila de rendimiento para su posterior análisis químico.

c. Cosecha.

Se realizó el 6 de Mayo de 1980, procediéndose a recolectar, manualmente, todo el material en pie, de las 2 filas previamente reservadas (8 metros de fila).

G. TRABAJOS DE LABORATORIO.

1. Preparación de las muestras.

a. Muestras de suelo.

a.1. Para determinación de fósforo.

Las muestras de suelo para análisis químico, secadas, fueron molidas y tamizadas a 2 mm.

a.2. Para determinación de densidad aparente.

Se tomaron muestras a 3 profundidades diferente: 12-20 cm, 25-33 cm, y 45-53 cm, las cuales fueron preparadas y analizadas según el procedimiento descrito por Dewis, J. y Freitas, F. (1970).

b. Muestras de planta.

Las muestras provenientes del campo, se colocaron en bolsas de lienzo, separándose las fracciones vegetativa y reproductiva, a partir del cuarto corte, realizado el día 7 de marzo de 1980, cuando se observó material reproductivo suficiente.

Una vez individualizadas, las muestras fueron secadas

a estufa, a  $65^{\circ}\text{C}$ , hasta alcanzar peso constante. Posteriormente se pesaron y molieron en un molino a martillo de laboratorio, a malla 40.

De cada muestra molida, se tomó una submuestra representativa, de tamaño suficiente para realizar los análisis.

Todas ellas fueron conservadas en recipientes de vidrio hasta su utilización.

Una muestra de 0,5 gramos de materia seca, fue digerida, en 10 m. de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , concentrado, durante 2 horas a  $300^{\circ}\text{C}$  y decolorada con  $\text{H}_2\text{O}_2$  (130 volúmenes).

La digestión fue diluída a 250 ml con agua desionizada.

## 2. Análisis de las muestras.

### a. Suelos.

El fósforo asimilable, fue determinado por el método de Bray 1, mediante la extracción con una solución de  $\text{NH}_4\text{F}$  1N y HCL 0,5N y posterior determinación colorimétrica.

### b. Plantas.

Se realizaron las siguientes determinaciones en las muestras preparadas: materia seca, Fósforo total, Nitrógeno total, acumulación de nutrientes, humedad, rendimiento y peso de las 1.000 semillas.

#### b.1. Materia seca

En todas las muestras se determinó el peso seco total y el de sus componentes.

#### b.2. Fósforo total.

Fue determinado en todas las muestras, por el método colorimétrico, sobre una alícuota de la digestión previamente diluida, por el procedimiento: azul sulfomolibdico, reducido mediante cloruro estagnoso.

Los datos obtenidos se expresaron como porcentaje de la materia seca total.

#### b.3. Nitrógeno total

Fue determinado solo en folíolos y grano, por el método macro-Kjeldahl, por destilación gaseosa de una alícuota de la digestión diluida, hecha alcalina por la adición de NaOH. El  $\text{NH}_3$  liberado, fue recogido en una solución saturada de ácido bórico, y titulado con un ácido standar.

Los análisis fueron expresados como porcentaje de Nitrógeno en la materia seca total.

#### b.4. Acumulación de nutrientes.

En todas las muestras y en cada fracción, se calculó la cantidad de fósforo acumulada.

Para ello, se multiplicó la materia seca por el porcentaje de fósforo total determinado, expresándose los resultados en kilogramos por hectárea.

Además, y solamente en el grano, se calculó la cantidad de Nitrógeno acumulada.

Para ello, se multiplicó la materia seca del grano, por el porcentaje de nitrógeno total determinado, expresándose se los resultados en kilogramos por hectárea.

b.5. Humedad.

Se determinó en las muestras de cosecha, por el método de estufa de aire forzado a  $130 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  por tres horas.

Estas mediciones se realizaron en la División Raciones de la Dirección de Laboratorios de Análisis del Ministerio de Agricultura y Pesca.

b.6. Rendimiento.

Se tomaron los pesos de los granos obtenidos de cada parcela y se los corrigió a 13 por ciento de humedad, expresándose en kilogramos por hectárea.

b.7. Pesos de las 1.000 semillas.

Las semillas fueron contabilizadas en forma manual y posteriormente pesadas, expresándose los resultados en gramos por mil semillas.

H. ANALISIS ESTADISTICOS.

Fueron realizados de acuerdo a Little, T.M. y Jackson Hills, F. (1976). Los mismos incluyeron las técnicas de: análisis de varianza y cálculo de la diferencia mínima significativa, en aquellos casos en donde hubo efectos significativos de los tratamientos y análisis por correlación y regresión.

#### IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

##### A. CONSIDERACIONES GENERALES.

Las condiciones ambientales, asociadas con el crecimiento del cultivo, se pueden calificar como adecuadas.

El estado de preparación del suelo permitió una buena emergencia e implantación del cultivo. En este sentido, se realizó la siembra con un contenido de humedad adecuada en el suelo.

La correcta implantación se corroboró por la población lograda, aproximadamente, 345.500 plantas por hectárea.

Las lluvias fueron abundantes y bien distribuidas durante el ciclo de crecimiento y llenado de grano.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

El período de llenado efectivo en el material reproductivo, fue amplio, iniciándose aproximadamente a los 100 días post-siembra, y prolongándose hasta los 150 días post-siembra.

La sanidad del cultivo fue buena durante todo el ciclo, ya que no existieron problemas de consideración, que afectaran el normal crecimiento y desarrollo del mismo.

Todo lo expuesto indica que no existieron limitaciones climáticas y de manejo al potencial productivo del cultivo, permitiendo alcanzar, en promedio, los altos rendimientos de grano observados de 3,518 kilogramos por hectárea.

#### IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

##### A. CONSIDERACIONES GENERALES.

Las condiciones ambientales, asociadas con el crecimiento del cultivo, se pueden calificar como adecuadas.

El estado de preparación del suelo permitió una buena emergencia e implantación del cultivo. En este sentido, se realizó la siembra con un contenido de humedad adecuado en el suelo.

La correcta implantación se corrobora por la población lograda, aproximadamente, 345,500 plantas por hectárea.

Las lluvias fueron abundantes y bien distribuidas durante el ciclo de crecimiento, especialmente durante la floración y llenado de grano.

El período de llenado efectivo en el material reproductivo, fue amplio, iniciándose aproximadamente a los 100 días post-siembra, y prolongándose hasta los 150 días post siembra.

La sanidad del cultivo fue buena durante todo el ciclo, ya que no existieron problemas de consideración, que afectaran el normal crecimiento y desarrollo del mismo.

Todo lo expuesto indica que no existieron limitaciones climáticas y de manejo al potencial productivo del cultivo, permitiendo alcanzar, en promedio, los altos rendimientos de grano observados de 2,518 kilogramos por hectárea.

B. COSECHA

1. Rendimiento en grano.

En el cuadro No. 6, se presenta el rendimiento en grano para todos los tratamientos de fósforo aplicados. El cuadro No. 7, muestra el Análisis de Varianza correspondiente.

Cuadro No. 6 - RENDIMIENTO EN GRANO PARA TODAS LAS COMBINACIONES POSIBLES DE P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> EN BANDAS Y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> AL VOLEO. £

Kilogramos de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en Bandas	Kilogramos de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> al Voleo			
	0	40	80	$\bar{x}$
	Toneladas por hectárea			
0	2,857	2,618	2,519	2,665
20	2,548	2,393	2,464	2,468
40	2,395	2,520	2,349	2,421
$\bar{x}$	2,600	2,510	2,444	2,518

£. Rendimientos corregidos a 13 por ciento de humedad.

Cuadro No. 7 - ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE GRANO.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Nivel de Significación
Bloques	3	0,117	
P en Bandas	2	0,199	n.s.
Error (a)	6	0,186	
P al Voleo	2	0,073	n.s.
Interacción (BxV)	4	0,051	n.s.
Error (b)	18	0,045	

Del análisis de ambos cuadros, surge claramente que no hubo respuesta significativa al agregado de dosis crecientes de fósforo, así como también a la localización del mismo. Estos resultados se explicarían por el nivel de fósforo disponible del suelo, el cual fue lo suficientemente alto como para esperar a priori respuestas nulas o pequeñas. Los datos coinciden con los presentados por Voss, R.D. citado por Boswell, F.C. y Anderson O.E. (1976); Caviness, C.E. y Hardy, E.W. (1970); Singh, N.C. y Saxena, M.C. (1973); Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969); Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1975); De Mooy, J.C. et al. (1973); Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958); Small, H.G. y Ohlrogge, A.J., (1973); Mascarenhas, H.A.A. et al. (1975) y Ham, G.E. et al (1973).

Los altos niveles de fósforo disponible en el suelo de este ensayo, permitieron lograr, sin otras limitantes, los rendimientos de grano observados, lo que concuerda con lo encontrado por Hammond, L.C., et al., citados por Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958); Kamprath, E.J. y Miller, E.V. (1958); Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969) y Bray, citado por Bangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972), de que la soja responde al nivel inicial de fósforo en el suelo.

También se observa una tendencia decreciente, no significativa, del rendimiento en grano, similar en ambas localizaciones, en la medida que los niveles de fertilización se hacen mayores. Esto estaría relacionado con las variaciones operadas en la acumulación de materia seca del cultivo, causadas por los distintos tratamientos de fósforo

aplicados.

2. Peso de las 1.000 semillas.

El peso de las 1.000 semillas para los 9 tratamientos de fertilización, y su Análisis de Varianza y Diferencias Mínimas Significativas, se ven en los cuadros No. 8 y 9.

Cuadro No. 8 - PESO DE LAS 1.000 SEMILLAS PARA TODAS LAS COMBINACIONES POSIBLES DE P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> EN BANDAS Y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> AL VOLEO.

Kilogramos de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en Bandas	Kilogramos de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> al Voleo			
	0	40	80	$\bar{x}$
	G R A M O S			
0	160	166	163	163 a
20	159	164	161	161 ab
40	159	156	156	157 b
$\bar{x}$	160	162	160	161

D.M.S. Banda (0,05) \* 4,059

D.M.S. Banda (0,01) \* 6,147

Nota: Letras diferentes indican diferencias al 0,01.

Cuadro No. 9 - ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO DE 1.000 SEMILLAS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Nivel de Significación
Bloques	3	88,2500	
P en Bandas	2	114,2500	*
Error (a)	6	16,4722	
P al Voleo	2	23,5833	n.s.
Interacción (BxV)	4	22,8333	n.s.
Error (b)	18	42,8981	

Se observa una clara tendencia a decrecer en la medida que aumenta la dosis en banda, que se vuelve significativa al pasar del nivel medio, 20 Unidades de  $P_2O_5$ , al alto, 40 Unidades de  $P_2O_5$ . La fertilización al voleo no afecta el peso de las 1.000 semillas. Estos resultados, estarían también asociados a las variaciones que se dieron en la acumulación de materia seca del cultivo a causa de los distintos tratamientos de fósforo aplicados.

### 3. Porcentaje de fósforo en el grano.

En los cuadros 10 y 11, se presentan los datos correspondientes al porcentaje de fósforo de los 9 tratamientos de fertilización, su Análisis de Varianza y las Diferencias Mínimas Significativas.

Cuadro No. 10 - PORCENTAJE DE FOSFORO EN EL GRANO PARA TODAS LAS COMBINACIONES POSIBLES DE  $P_2O_5$  EN BANDAS Y  $P_2O_5$  AL VOLEO. PROMEDIO DE 4 REPETICIONES.

Kilogramos de $P_2O_5$ en Bandas	Kilogramos de $P_2O_5$ al Voleo			
	0	40	80	$\bar{x}$
0	0,55	0,58	0,60	0,58
20	0,59	0,54	0,62	0,58
40	0,56	0,59	0,61	0,59
$\bar{x}$	0,57 a	0,57 a	0,61 b	0,58

D.M.S. Voleo (0,05) = 0,02

D.M.S. Voleo (0,01) = 0,03

Nota: Letras diferentes indican diferencias al 0,01.-

Cuadro No. 11 - ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE FOSFORO EN EL GRANO.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Nivel de Significación
Bloques	3	0,00343	
P en Bandas	2	0,00038	n.s.
Error (a)	6	0,00175	
P al Voleo	2	0,00655	* *
Interacción (BxV)	4	0,00200	*
Error (b)	18	0,00067	

Los valores de concentración de fósforo obtenidos, pueden ser considerados normales, de acuerdo a los datos presentados por Borst, H.L. y Thatcher, L.E. (1931); Jones, G.D. et al., (1977) y Bangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972).

En los cuadros precedentes, se aprecia que en la medida que aumenta el nivel de fósforo agregado, la concentración de fósforo aumenta. La tendencia se vuelve altamente significativa con el agregado del nivel más alto de fósforo al voleo. Esto parecería indicar que la Soja, incrementó la concentración del nutriente con mas fósforo agregado aún a niveles altos de fósforo en el suelo. La literatura citada, no presenta datos de respuesta a niveles altos de fósforo en el suelo. La interacción significativa observada no tendría explicación aparente.

#### 4. Porcentaje de Nitrógeno

Los cuadros 12 y 13, presentan la variación del porcentaje de Nitrógeno con los 9 tratamientos de fertilización

y su Análisis de Varianza.

Cuadro No. 12 - PORCENTAJE DE NITROGENO EN EL GRANO PARA TODAS LAS COMBINACIONES POSIBLES DE  $P_2O_5$  EN BANDAS Y  $P_2O_5$  AL VOLEO. PROMEDIO DE 4 REPETICIONES.

Kilogramos de $P_2O_5$ en Bandas	Kilogramos de $P_2O_5$ al Voleo			
	0	40	80	$\bar{x}$
0	6,25	6,35	6,43	6,34
20	6,58	6,35	6,38	6,44
40	6,15	6,45	6,43	6,34
$\bar{x}$	6,33	6,38	6,41	6,37

Cuadro No. 13 - ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE NITROGENO EN EL GRANO.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Nivel de Significación
Bloques	3	0,01518	
P en Banda	2	0,03361	n.s.
Error (a)	6	0,04212	
P al Voleo	2	0,02194	n.s.
Interacción (BxV)	4	0,09027	n.s.
Error (b)	18	0,03342	

Los valores que se observan concuerdan con los encontrados en la revisión bibliográfica.

No se observa respuesta significativa a los incrementos en las dosis aplicadas. Esto concuerda con lo encontrado por Hanway J.J. y Weber C.R. (1971 c); Jones G.D.

y Lutz Jr. J.A., (1971); Bangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972) y Boswell, F.C. y Anderson, O.E. (1976).-

5. Remoción de fósforo por el grano (kilogramos por hectárea).

En los cuadros No. 14 y 15, se presenta la acumulación de fósforo por hectárea, efectuada por el grano de soja y su Análisis de Varianza, para los 9 tratamientos de fertilización fosfatada.

Cuadro No. 14 - KILOS DE FOSFORO ACUMULADOS EN EL GRANO PARA TODAS LAS COMBINACIONES POSIBLES DE  $P_2O_5$  EN BANDAS Y  $P_2O_5$  AL VOLEO. PROMEDIO DE 4 REPETICIONES.

Kilogramos de $P_2O_5$ en Bandas	Kilogramos de $P_2O_5$ al Voleo			
	0	40	80	$\bar{x}$
0	13,623	13,130	13,120	13,291
20	13,026	11,252	13,238	12,505
40	11,710	12,907	12,372	12,330
$\bar{x}$	12,786	12,430	12,910	12,709

Cuadro No. 15 - ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS KILOGRAMOS DE FOSFORO REMOVIDOS POR EL GRANO.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Nivel de Significación
Bloques	3	8,3484	
P. en Bandas	2	3,1448	n.s.
Error (a)	6	9,0230	
P al Voleo	2	0,7476	n.s.
Interacción (BxV)	4	2,8904	n.s.
Error (b)	18	1,8538	

Estos valores, pueden considerarse bajos, ya que se encuentran cerca del límite inferior del rango calculado a partir de los trabajos de Hammond, L.C. et al., citados, Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d); Ohlrogge, A.J. (1960); Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970); Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d); Mascarenhas, H.A.A. (1973); Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1975); Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1968) y Bataglia, O.C. et al. (1978), y que oscila entre 12 y 34 kilogramos de fósforo por hectárea. No se observa respuesta significativa al agregado de fósforo ni a la localización.

6. Remoción de Nitrógeno por el grano (kilogramo por hectárea.)

Los cuadros No. 16 y 17, presentan las acumulaciones de nitrógeno por hectárea realizadas por el grano de soja y su Análisis de Varianza, para los tratamientos de fertilización fosfatada.

Cuadro No. 16 - KILOS DE NITROGENO ACUMULADOS EN EL GRANO PARA TODAS LAS COMBINACIONES POSIBLES DE  $P_2O_5$  EN BANDAS Y  $P_2O_5$  AL VOLEO. PROMEDIO DE 4 REPETICIONES.

Kilogramos de $P_2O_5$ en Bandas	Kilogramos de $P_2O_5$ al Voleo			
	0	40	80	$\bar{x}$
0	155,255	144,759	140,745	146,920
20	145,682	132,246	136,203	138,044
40	128,587	141,624	131,348	133,853
$\bar{x}$	143,137	139,543	136,099	139,606

Cuadro No. 17 - ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS KILOS DE NITROGENO REMOVIDOS POR EL GRANO DE SOJA.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Nivel de Significación
Bloques	3	344,0375	
P en Bandas	2	534,1473	n.s.
Error (a)	6	672,1325	
P al Voleo	2	150,2443	n.s.
Interacción (BxV)	4	226,8931	n.s.
Error (b)	18	114,6542	

No hay respuesta significativa al agregado de fósforo ni a la localización del mismo. Se obtuvieron promedialmente 870 kilogramos de proteína por hectárea.

Sintetizando, no hubo respuesta significativa en rendimiento en grano al agregado de fósforo ni a la localización. Esto estaría asociado al alto nivel de fósforo disponible del suelo sobre el cual se realizó el ensayo. El peso de las mil semillas disminuyó en la medida que aumentó la fertilización en bandas. La misma tendencia se apreció en el rendimiento en grano, para ambas localizaciones. Esto estaría asociado con las variaciones que se dieron en la acumulación de materia seca del cultivo como consecuencia de los distintos tratamientos de fósforo aplicados. La concentración de fósforo en el grano, aumentó en la medida que la dosis de fósforo aplicada fue mayor. Esto no ocurrió con la concentración de nitrógeno. La acumulación de nitrógeno y fósforo por el grano no fue afectada por la fertilización ni por la localización del fertilizante, pro

bablemente por las respuestas opuestas que presentan la materia seca del grano y el porcentaje del elemento en la misma, a la fertilización.

### C. COMPOSICION QUIMICA DE LOS FOLIOLOS

#### 1. Porcentaje de fósforo

En los cuadros No. 18 y 19, se presenta el efecto de los 9 tratamientos de fertilización sobre el porcentaje de fósforo en folíolos de soja, su Análisis de Varianza y Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro No. 18 - PORCENTAJE DE FOSFORO EN LOS FOLIOLOS PARA TODAS LAS COMBINACIONES POSIBLES DE  $P_2O_5$  EN BANDAS Y  $P_2O_5$  AL VOLEO. PROMEDIO DE 4 REPETICIONES.

Kilogramos de $P_2O_5$ en Bandas	Kilogramos de $P_2O_5$ al Voleo			
	0	40	80	$\bar{x}$
0	0,30	0,31	0,32	0,31
20	0,29	0,30	0,32	0,30
40	0,28	0,30	0,34	0,31
$\bar{x}$	0,29 a	0,30 a	0,33 b	0,31

D.M.S. Voleo (0,05) = 0,02

D.M.S. Voleo (0,01) = 0,03

Nota: Letras diferentes indican diferencias al 0,01.-

El nivel nutricional de la planta fue adecuado, como lo demuestra el hecho de que todos los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de suficiencia presentados por Jones, J.B. citado por Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J.(1969) y Small, H.G. y Ohlrogge, A.J. (1973).

Cuadro No. 19 - ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE FOSFORO EN LOS FOLIOLOS DE SOJA.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Nivel de Significación
Bloques	3	0,00205	
P en Banda	2	0,00003	n.s.
Error (a)	6	0,00083	
P al Voleo	2	0,00362	* *
Interacción (BxV)	4	0,00034	n.s.
Error (b)	18	0,00056	

Como el tratamiento testigo se incluye en este rango de suficiencia, corrobora apreciaciones anteriores en el sentido de que el nivel de fósforo del suelo era lo bastante elevado como para esperar altos rendimientos de grano.

Se observa, además, una tendencia a aumentar con el agregado de fósforo al voleo, que se hace altamente significativa al pasar de 40 a 80 unidades de  $P_2O_5$  por hectárea. Este efecto no se aprecia en la banda.

## 2. Porcentaje de nitrógeno.

Los cuadros No. 20 y 21, presentan el efecto de los 9 tratamientos de fertilización sobre el porcentaje de nitrógeno de folíolos de soja y su Análisis de Varianza.

Estos valores estarían en el límite inferior del rango de suficiencia, presentado por Jones, J.B. citado por Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969) y Small, H.G. y Ohlrogge, A.J. (1973). Esto indicaría un nivel aceptable de nutrición del mineral por la planta.

Cuadro No. 20 - PORCENTAJE DE NITROGENO EN LOS FOLIOLOS PARA TODAS LAS COMBINACIONES POSIBLES DE  $P_2O_5$  EN BANDAS Y  $P_2O_5$  AL VOLEO. PROMEDIO DE 4 REPETICIONES.

Kilogramos de $P_2O_5$ en Bandas.	Kilogramos de $P_2O_5$ al Voleo			
	0	40	80	$\bar{x}$
0	4,63	4,40	4,55	4,53
20	4,40	4,53	4,55	4,49
40	4,40	4,40	4,68	4,49
$\bar{x}$	4,48	4,44	4,59	4,50

Cuadro No. 21 - ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE NITROGENO EN LOS FOLIOLOS DE SOJA.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Nivel de Significación
Bloques	3	0,07583	
P en Bandas	2	0,00444	n.s.
Error (a)	6	0,04555	
P al Voleo	2	0,07444	n.s.
Interacción (BxV)	4	0,05236	n.s.
Error (b)	18	0,02564	

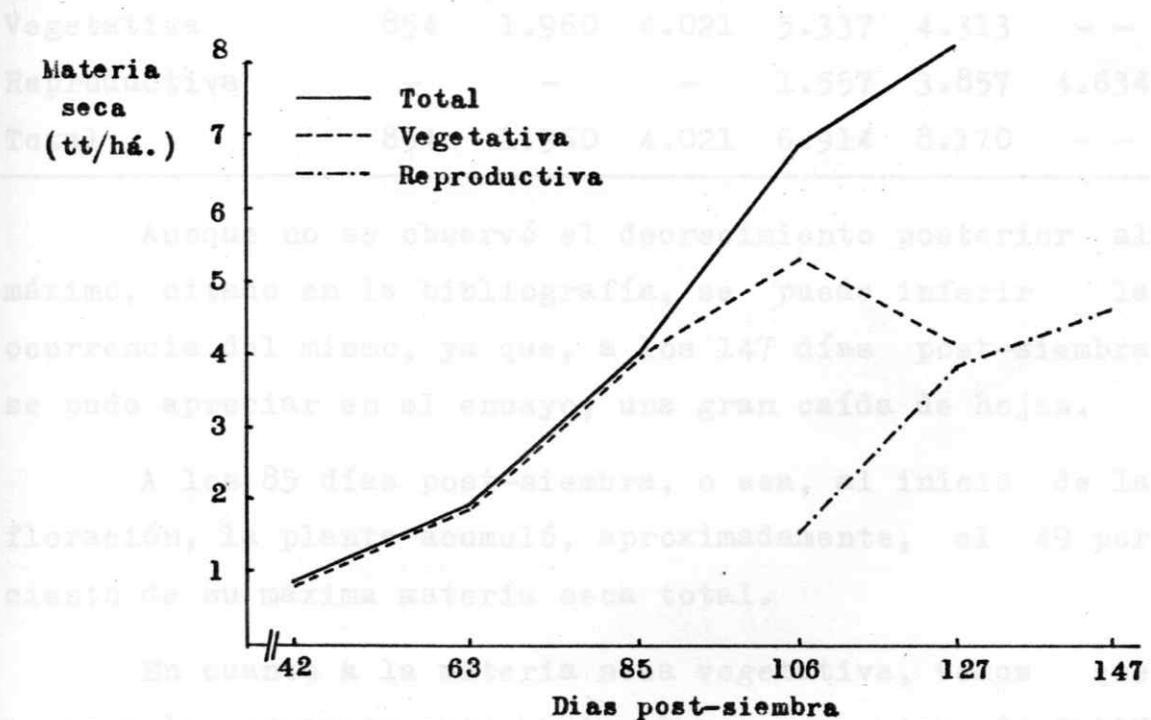
En conclusión, la nutrición nitrogenada y fosfatada del cultivo fue adecuada como lo demuestran los valores de concentración obtenidos. La concentración de fósforo en los folíolos, aumentó con la aplicación de fósforo al voleo.

D. CRECIMIENTO Y ACUMULACION DE FOSFORO

1. Producción de materia seca (Crecimiento)

a. Acumulación de materia seca

En la Gráfica No. 1 y en el cuadro No. 22, se puede observar la evolución de la materia seca total, vegetativa y reproductiva, acumulada durante el crecimiento, como promedio de los 9 tratamientos de fertilización fosfatada.



Gráfica No.1 Acumulación de materia seca total, vegetativa y reproductiva, durante el crecimiento.

En ellos se observa, que la acumulación total de materia seca, alcanzó un máximo de 8170 kilogramos, a los 127 días post-siembra. Esto concuerda con la bibliografía que, al igual que en este ensayo, no incluyó los elementos foliares caídos.

Cuadro No. 22 - EVOLUCION DE LA MATERIA SECA TOTAL VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA, ACUMULADA DURANTE EL CRECIMIENTO, COMO PROMEDIO DE LOS 9 TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION FOSFATADA.

Días post-siembra	42	63	85	106	127	147
Muestreo No.:	1	2	3	4	5	6
<u>Fracción:</u>	<u>Kilogramos por hectárea</u>					
Vegetativa	854	1.960	4.021	5.337	4.313	- -
Reproductiva	-	-	-	1.557	3.857	4.634
Total	854	1.960	4.021	6.914	8.170	- -

Aunque no se observó el decrecimiento posterior al máximo, citado en la bibliografía, se puede inferir la ocurrencia del mismo, ya que, a los 147 días post-siembra se pudo apreciar en el ensayo, una gran caída de hojas.

A los 85 días post-siembra, o sea, al inicio de la floración, la planta acumuló, aproximadamente, el 49 por ciento de su máxima materia seca total.

En cuanto a la materia seca vegetativa, vemos que se acumula constantemente hasta alcanzar un pico de 5.337 kilogramos por hectárea, a los 106 días post-siembra, para luego decrecer hasta la madurez, como consecuencia de la traslocación y la caída de hojas. Esto puede considerarse normal, ya que todos los autores citados observaron una evolución semejante. En la floración, 85 días post-siembra, las plantas ya habían acumulado el 75 por ciento de su máxima materia seca vegetativa. Esto permite considerar que, a partir de la floración, no ofrecerá mayor

competencia al grano en desarrollo, por los productos de la fotosíntesis.

La materia seca reproductiva, crece continuamente hasta alcanzar, a los 147 días post-siembra, un valor de 4.634 kilogramos por hectárea. Este valor, bien puede considerarse como el máximo alcanzado, ya que se encuentra dentro del rango observado en la revisión bibliográfica.

b. Tasas de acumulación de materia seca.

Las tasas de acumulación de materia seca, para las fracciones vegetativa, reproductiva y total, como promedio de los 9 tratamientos de fertilización, se presentan en el cuadro No. 23.-

Cuadro No. 23 - TASA DE ACUMULACION DE MATERIA SECA VEGETATIVA, REPRODUCTIVA Y TOTAL, COMO PROMEDIO DE LOS 9 TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION.

Días post-siembra	53	74	96	117	137
<u>Fracción:</u>	Kilogramos de materia seca por hectárea y por día				
Vegetativa	52,667	93,682	62,667	-48,762	- -
Reproductiva	- -	- -	76,095	108,572	38,850
Total	52,667	93,682	137,762	59,810	- -

Tanto la evolución, como los valores alcanzados por las tasas diarias de acumulación de materia seca, de las 3 fracciones, son coincidentes con las observadas en la revisión bibliográfica.

La materia seca total, se acumula a tasas diarias

crecientes, hasta el inicio del llenado del grano (96 días post-siembra), donde alcanza un máximo de 138 kilogramos por hectárea. De aquí en más, decrece por crecimiento reducido y caída de hojas, (Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. 1970; Hanway, J.J. y Weber, C.R., 1971 b y Hanway, J.J. y Weber, C.R., 1971 a).

La materia seca vegetativa, sigue una tendencia similar a la de la parte aérea total. Se acumula a tasas diarias crecientes, hasta el inicio de la floración (63 a 85 días post-siembra), donde alcanza un máximo cercano a los 90 kilogramos por hectárea. Luego decrece como consecuencia de la traslocación, crecimiento reducido y caída de hojas. Finalmente se vuelve negativa como consecuencia de la traslocación y la caída de hojas (Henderson, J.B. y Kamprath, E.J., 1970 y Hanway, J.J. y Weber, C.R. 1971 b).

Con respecto a la materia seca reproductiva, se acumula a tasas diarias crecientes, hasta aproximadamente los 117 días post-siembra, donde alcanza un máximo cercano a 110 kilogramos por hectárea, para luego decrecer hasta el fin de la estación. Esto coincide con lo observado por: Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970); y Koller, H.R., et al. (1978).-

La tasa diaria de acumulación de materia seca total en esta variedad de ciclo indeterminado, fue creciente desde el inicio de la estación hasta el llenado del grano, donde alcanzó un máximo de 138 kilogramos por hectárea, luego decreció como consecuencia del crecimiento reducido y la caída de hojas. El máximo de acumulación se dió a los 127

días post-siembra, alcanzando 8.170 kilogramos de materia seca por hectárea. La tasa diaria de acumulación de materia seca vegetativa, fue creciente hasta el inicio de la floración, donde alcanzó un máximo de 90 kilogramos por hectárea, luego disminuyó a consecuencia de la traslocación, el crecimiento reducido y la caída de hojas. Finalmente, se volvió negativa, debido a la traslocación y a la caída de hojas. El máximo de acumulación de materia seca vegetativa, ocurrió a los 106 días post-siembra, siendo su valor de 5.337 kilogramos por hectárea. Luego disminuyó hasta el fin de la estación. La tasa de acumulación de materia seca reproductiva, fue creciente hasta los 117 días post-siembra, donde fue máxima, alcanzando 110 kilogramos por hectárea. A partir de este momento disminuyó hasta la madurez. La acumulación fue máxima a los 147 días post-siembra, donde alcanzó 4.634 kilogramos de materia seca por hectárea.

c. Efecto de la fertilización y localización del fertilizante sobre la acumulación de materia seca.

En el cuadro No. 24 se presenta la evolución del peso seco y sus componentes, durante el crecimiento, para los 9 tratamientos de fertilización fosfatada.

Los cuadros No. 25, 26 y 27, muestran los análisis de varianza correspondientes a la materia seca total, vegetativa y reproductiva, para cada muestreo, respectivamente.

En los cuadros precedentes, se aprecia, que ni la fertilización ni la localización del fertilizante, afectaron significativamente la producción de materia seca vegetativa, reproductiva y total, durante todo el ciclo de cre

Cuadro No. 24 - EVOLUCION DE LOS COMPONENTES DEL PESO SECO, DURANTE EL CRECIMIENTO.

Días		42	63	85	106	127	147
póst-siembra							
Corte No:		1	2	3	4	5	6
Tratamientos:		Toneladas de Materia Seca por hectárea					
B <sub>0</sub> V <sub>0</sub>	Vegetativo	0,746	1,874	3,923	4,935	4,851	-
	Reproductivo	-	-	-	1,586	4,674	5,368
	Total	0,746	1,874	3,923	6,521	9,525	-
B <sub>0</sub> V <sub>40</sub>	Vegetativo	0,791	1,779	3,640	4,835	4,018	-
	Reproductivo	-	-	-	1,486	3,979	4,336
	Total	0,791	1,779	3,640	6,321	7,997	-
B <sub>0</sub> V <sub>30</sub>	Vegetativo	0,778	1,712	3,799	5,582	4,441	-
	Reproductivo	-	-	-	1,661	3,600	4,700
	Total	0,778	1,712	3,799	7,234	8,041	-
B <sub>20</sub> V <sub>0</sub>	Vegetativo	0,735	1,715	3,525	5,396	3,972	-
	Reproductivo	-	-	-	1,524	3,723	4,255
	Total	0,735	1,715	3,525	6,920	7,695	-
B <sub>20</sub> V <sub>40</sub>	Vegetativo	0,956	2,021	4,182	5,405	4,503	-
	Reproductivo	-	-	-	1,494	3,981	4,409
	Total	0,956	2,021	4,182	6,899	8,484	-
B <sub>20</sub> V <sub>80</sub>	Vegetativo	0,811	1,885	3,672	5,745	4,008	-
	Reproductivo	-	-	-	1,911	3,751	5,040
	Total	0,811	1,885	3,672	7,656	7,759	-
B <sub>40</sub> V <sub>0</sub>	Vegetativo	0,899	2,358	4,182	5,275	4,656	-
	Reproductivo	-	-	-	1,352	3,727	4,177
	Total	0,899	2,358	4,182	6,627	8,383	-
B <sub>40</sub> V <sub>40</sub>	Vegetativo	1,044	1,909	4,695	5,450	4,148	-
	Reproductivo	-	-	-	1,751	3,670	4,530
	Total	1,044	1,909	4,695	7,201	7,818	-
B <sub>40</sub> V <sub>80</sub>	Vegetativo	0,926	2,384	4,574	5,408	4,218	-
	Reproductivo	-	-	-	1,430	3,611	4,895
	Total	0,926	2,384	4,574	6,838	7,829	-

Cuadro No. 25 - ANALISIS DE VARIANZA PARA PRODUCCION DE MATERIA SECA TOTAL.

Muestreo	1	2	3	4	5				
Fuente de Variación	G.L.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.
Bloques	3	393806,027	2,1977	2,2853	5,1208	11,771			
F en Bandas	2	106275,000	n.s.	0,6175	n.s.	1,9239	n.s.	0,5372	n.s.
Error (a)	6	127319,111	0,1610	1,0960	1,4362	3,895			
F al Voleo	2	58242,333	n.s.	0,0293	n.s.	0,2624	n.s.	0,9656	n.s.
Interacción (BxV)	4	8915,833	n.s.	0,1888	n.s.	0,2896	n.s.	0,5052	n.s.
Error (b)	18	27473,777	0,1236	0,1392	0,6130	1,708			

G.L. = Grados de Libertad; C.M. = Cuadrados Medios; N.S. = Nivel de Significación.

Cuadro No. 26 - ANALISIS DE VARIANZA PARA PRODUCCION DE MATERIA SECA VEGETATIVA.

Muestreo:	1	2	3	4	5				
Fuente de Variación	G.L.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.
Bloques	3	393906,027	2,1877	2,2853	3,5504	2,661			
F en Bandas	2	106275,000 n.s.	0,6175 n.s.	1,9239 n.s.	0,4893 n.s.	0,235 n.s.			
Error (a)	6	127319,111	0,1610	1,0960	0,8602	0,974			
P al Voleo	3	58242,333 n.s.	0,0293 n.s.	0,2624 n.s.	0,5274 n.s.	0,292 n.s.			
Interacción (BxV)	4	8915,833 n.s.	0,1838 n.s.	0,2896 n.s.	0,1613 n.s.	0,523 n.s.			
Error (b)	18	27473,777	0,1236	0,1392	0,3827	0,482			

G.L. = Grados de Libertad - C.M. = Cuadrados Medios - N.S. = Nivel de Significación.

Cuadro No 27 - ANALISIS DE VARIANZA PARA PRODUCCION DE MATERIA SECA REPRODUCTIVA.-

Fuente de Variación	G L	4		5		6	
		C M	N S	C M	N S	C M	N S
Bloques	3	0,1888		3,292		3,597	
P en Bandas	2	0,0524	n.s.	0,530	n.s.	0,254	n.s.
Error (a)	6	0,2034		1,061		0,292	
P al Voleo	2	0,0970	n.s.	0,454	n.s.	0,628	n.s.
Interacción (BxV)	4	0,1644	n.s.	0,413	n.s.	0,837	n.s.
Error (b)	18	0,0803		0,582		0,565	

G L = Grados de Libertad - C M = Cuadrados Medios

N S = Nivel de Significación

cimiento. Estos resultados, coinciden con los observados por: Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 b) y Boswell, F.C. y Anderson, O.E. (1976).

En este ensayo, la ausencia de respuesta a la fertilización y localización, podría relacionarse con el más que suficiente nivel de fósforo disponible del suelo.

En el cuadro No. 28, se presenta la acumulación de materia seca total, vegetativa y reproductiva, durante el ciclo de crecimiento, agrupada por los efectos Banda y Voleo.

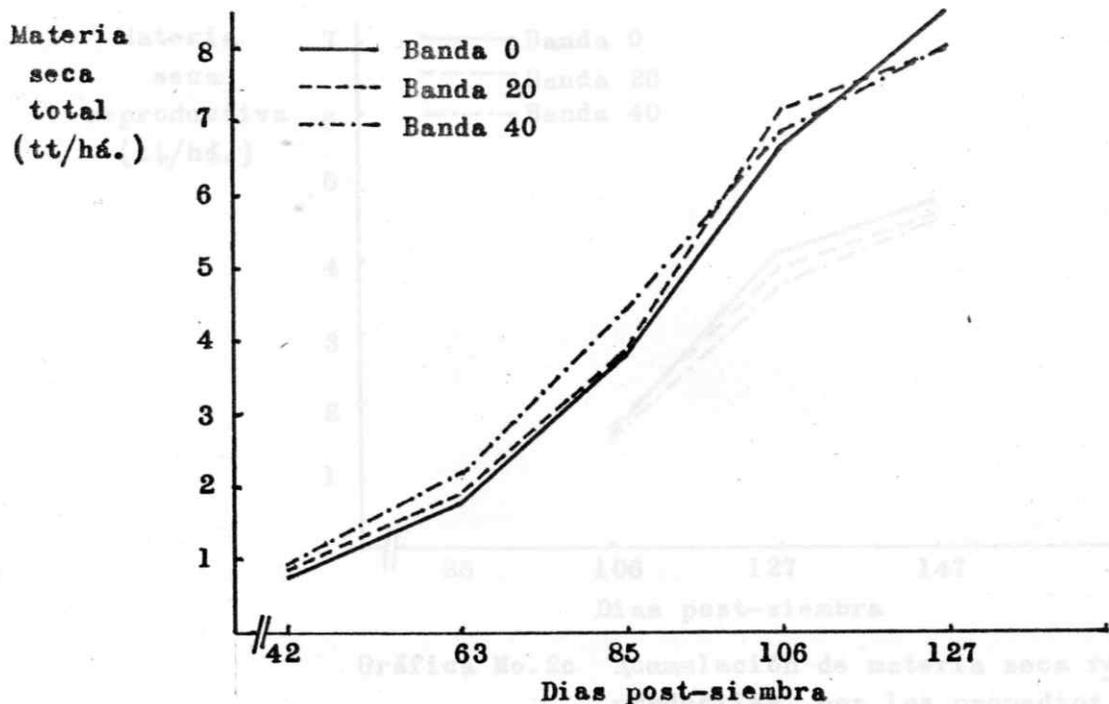
Al comparar los datos, observamos una tendencia a acumular más materia seca, en los primeros estadios de crecimiento, en la medida que la dosis en bandas es mayor. Esto indicaría, un efecto de la localización del fósforo, sobre el crecimiento inicial de las plantas de soja, expresado como materia seca. Este efecto inicial del fósforo aplicado en bandas, podría equivalerse a un efecto starter. Las tasas diarias de acumulación de materia seca, a los 53 días post-siembra, fueron de 48,380; 48,520 y 60,050 kilogramos por hectárea, para los niveles de 0, 20 y 40 kilogramos de  $P_2O_5$  por hectárea, respectivamente. Estas tasas diarias, explican el efecto, no significativo de la banda, sobre el crecimiento inicial.

En los Gráficos No. 2 a, b y c, se presentan la evolución de la materia seca total, vegetativa y reproductiva respectivamente, acumulada durante el crecimiento, para los efectos promedio de 0, 20 y 40 kilogramos de  $P_2O_5$  por hectárea, aplicados en bandas.

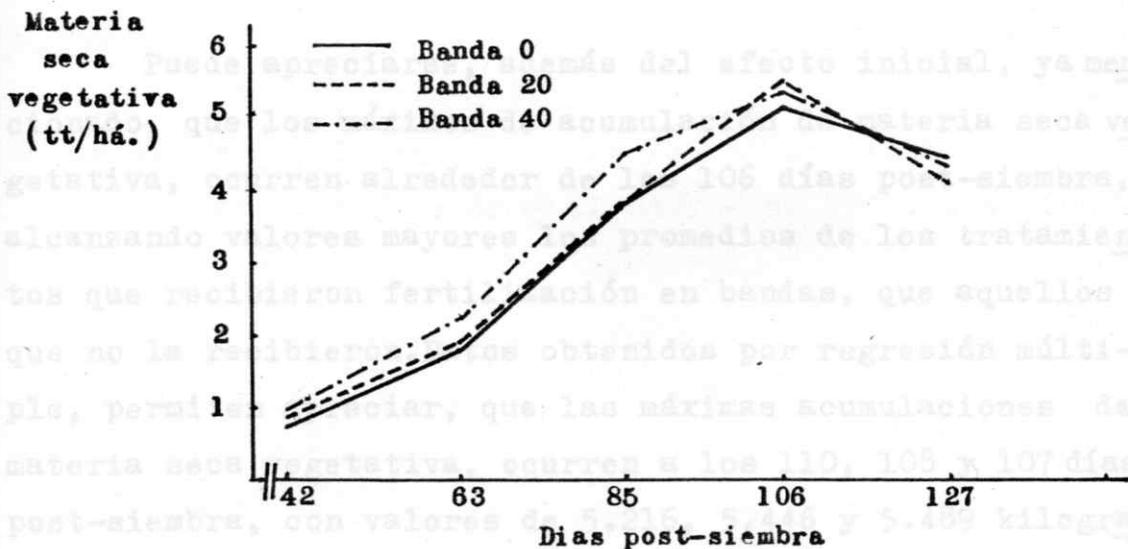
Cuadro No. 28 - ACUMULACION DE MATERIA SECA TO  
TAL, VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA,  
PARA LOS PROMEDIOS DE LAS 3 DO  
SIS EN BANDAS Y LAS 3 DE VOLEO.

Días post-siembra	42	63	85	106	127	147	
Muestreo N°:	1	2	3	4	5	6	
Promedio: Fracción:	Kilogramos de Materia Seca por hectárea						
BANDA 0	Vegetativa	772	1.788	3.787	5.117	4.437	--
	Reproductiva	-	--	--	1.578	4.084	4.801
	Total	772	1.788	3.787	6.695	8.521	--
BANDA 20	Vegetativa	834	1.874	3.793	5.515	4.161	--
	Reproductiva	-	--	--	1.643	3.818	4.568
	Total	834	1.874	3.793	7.158	7.979	--
BANDA 40	Vegetativa	956	2.217	4.484	5.378	4.341	--
	Reproductiva	-	--	--	1.511	3.669	4.534
	Total	956	2.217	4.484	6.889	8.010	--
VOLEO 0	Vegetativa	793	1.982	3.877	5.202	4.493	--
	Reproductiva	-	--	--	1.487	4.041	4.600
	Total	793	1.982	3.877	6.689	8.534	--
VOLEO 40	Vegetativa	930	1.903	4.172	5.230	4.223	--
	Reproductiva	-	--	--	1.577	3.877	4.425
	Total	930	1.903	4.172	6.807	8.100	--
VOLEO 80	Vegetativa	838	1.994	4.015	5.578	4.222	--
	Reproductiva	-	--	--	1.667	3.654	4.878
	Total	838	1.994	4.015	7.245	7.876	--

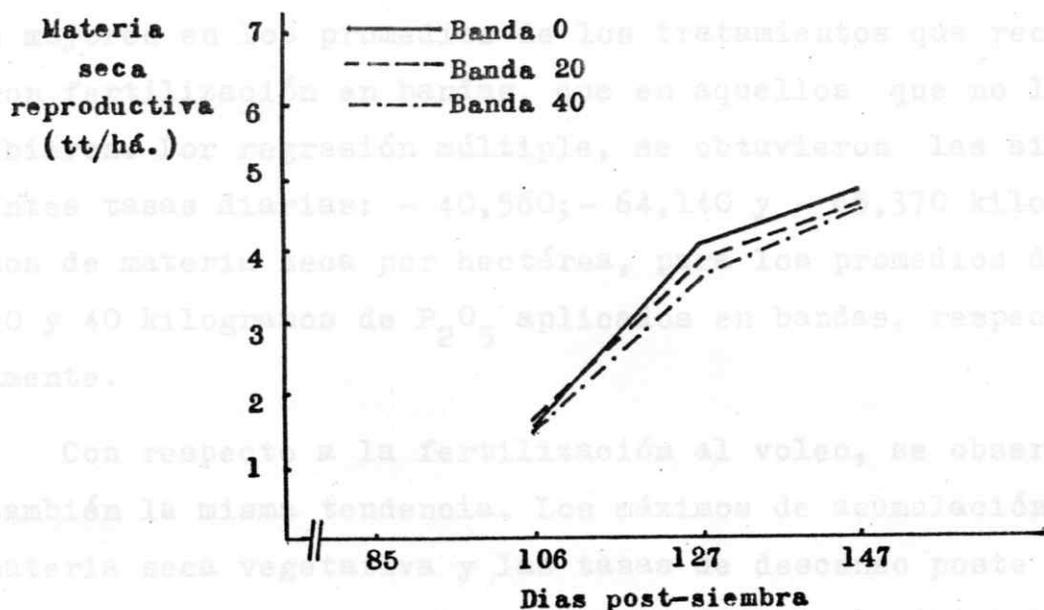
Gráfica No. 28 Acumulación de materia seca vegetati-  
va, por los promedios de las tratami-  
entos con fertilización en Bandas.



Gráfica No.2a Acumulación de materia seca total, por los promedios de los tratamientos con fertilización en Bandas.



Gráfica No.2b Acumulación de materia seca vegetativa, por los promedios de los tratamientos con fertilización en Bandas.



Gráfica No. 2c Acumulación de materia seca reproductiva, por los promedios de los tratamientos fertilizados en Bandas.

Puede apreciarse, además del efecto inicial, ya mencionado, que los máximos de acumulación de materia seca vegetativa, ocurren alrededor de los 106 días post-siembra, alcanzando valores mayores los promedios de los tratamientos que recibieron fertilización en bandas, que aquellos que no la recibieron. Datos obtenidos por regresión múltiple, permiten apreciar, que las máximas acumulaciones de materia seca vegetativa, ocurren a los 110, 108 y 107 días post-siembra, con valores de 5.216, 5.446 y 5.489 kilogramos de materia seca por hectárea, para los promedios de 0, 20 y 40 kilogramos de  $P_2O_5$  aplicados en bandas, respectivamente.

Al mismo tiempo, el descenso de la materia seca vegetativa, que ocurre después del pico, se realiza a tasas día

rias mayores en los promedios de los tratamientos que recibieron fertilización en bandas, que en aquellos que no la recibieron. Por regresión múltiple, se obtuvieron las siguientes tasas diarias: - 40,560; - 64,140 y - 65,370 kilogramos de materia seca por hectárea, para los promedios de 0, 20 y 40 kilogramos de  $P_2O_5$  aplicados en bandas, respectivamente.

Con respecto a la fertilización al voleo, se observa también la misma tendencia. Los máximos de acumulación de materia seca vegetativa y las tasas de descenso posterior, fueron mayores para los tratamientos que recibieron fertilización frente a los que no la recibieron. Datos obtenidos por regresión múltiple, permiten ver, que las máximas acumulaciones de materia seca vegetativa, ocurren a los 110, 108 y 108 días post-siembra, con valores de 5.250, 5,350 y 5.541 kilogramos de materia seca por hectárea, para los promedios de 0, 40 y 80 kilogramos de  $P_2O_5$  aplicados al voleo, respectivamente. Para los mismos tratamientos, las tasas diarias fueron: - 41,830; - 61,470 y - 69,620 kilogramos de materia seca por hectárea.

Este mayor descenso en la materia seca vegetativa de los tratamientos con mayor fertilización, que ocurre, en ambas localizaciones, después del pico, puede deberse a una mayor tasa de caída de hojas, a una mayor tasa de traslocación de materia seca hacia el grano y/o a un enlentecimiento anterior del crecimiento.

En síntesis, se observa una tendencia a acelerar la acumulación de materia seca temprano en la estación, para

la localización en bandas, en la medida que esta es mayor.

En ambas localizaciones, se observa, un máximo de acumulación de materia seca vegetativa mayor y anterior en el tiempo, que desciende luego a tasas diarias mayores, en la medida que la fertilización es mayor.

Este mayor descenso de la materia seca vegetativa, que ocurre después de los 100 días post-siembra, en los tratamientos con mayor fertilización, no fue observado en la literatura revisada. El mismo, indicaría una menor duración del área foliar, para estos tratamientos, que resultaría en una menor producción de materia seca traslocable hacia el grano. Esto estaría corroborado por la mayor cantidad de materia seca reproductiva y total acumulada a los 127 días post-siembra (cuadro No. 28) y por el mayor rendimiento en grano (cuadro No. 6), del promedio de los tratamientos que no recibieron fertilización, frente al promedio de los que la recibieron.

## 2. Composición química

### a. Porcentaje de fósforo.

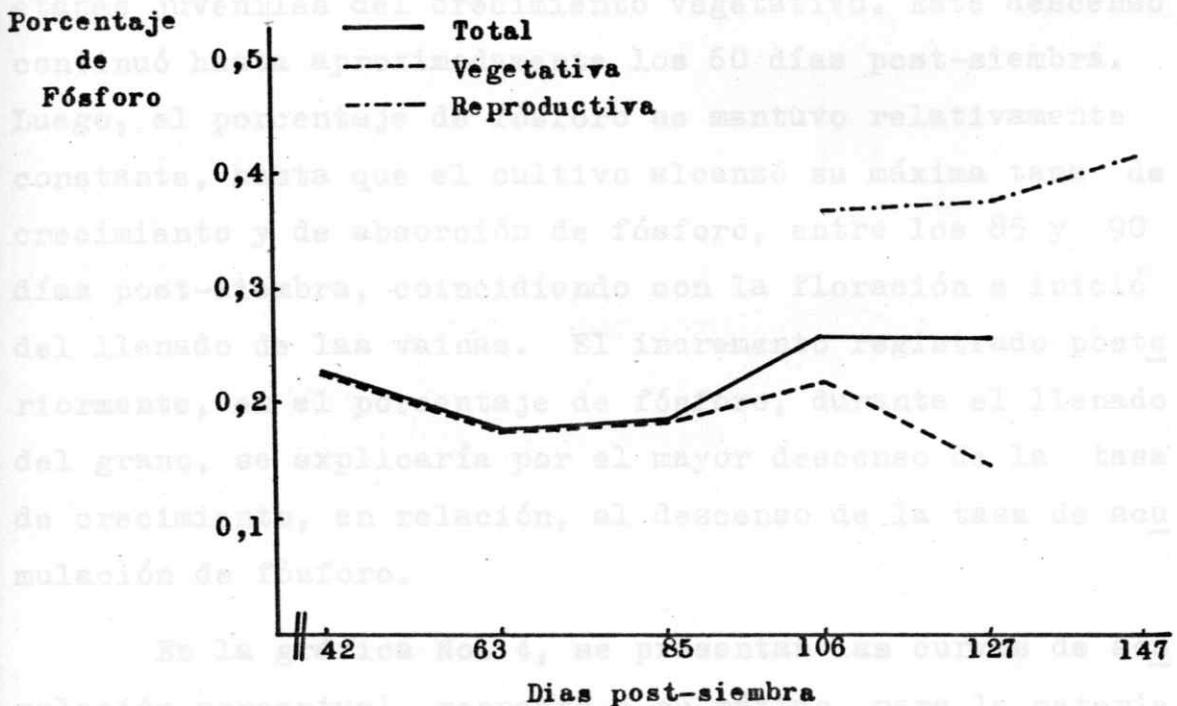
En el cuadro No. 29 y Gráfico No. 3, se presenta la evolución del porcentaje de fósforo, para las fracciones vegetativa, reproductiva y total, durante el ciclo de crecimiento, como promedio de los 9 tratamientos de fertilización fosfatada.

Los valores pueden ser considerados normales, ya que se encuentran dentro del rango presentado por la literatura revisada.

Puede apreciarse, que la materia seca total, parte

Cuadro No. 29 - EVOLUCION DEL PORCENTAJE DE FOSFORO EN LA MATERIA SECA VEGETATIVA, REPRODUCTIVA Y TOTAL, DURANTE EL CRECIMIENTO, COMO PROMEDIO DE LOS 9 TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION.

Días post-siembra	42	63	85	106	127	147
Muestreo No.:	1	2	3	4	5	6
<b>Fracción:</b>						
Vegetativa	0,23	0,18	0,19	0,22	0,15	-
Reproductiva	-	-	-	0,37	0,38	0,42
Total	0,23	0,18	0,19	0,26	0,26	-



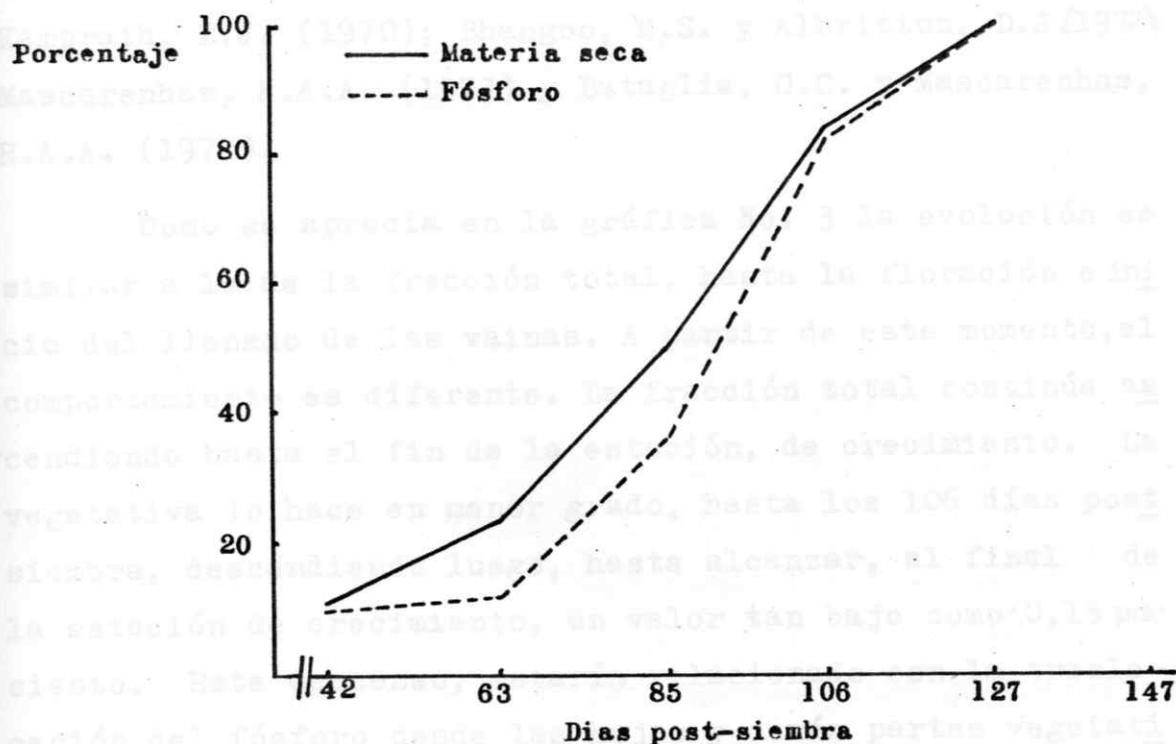
Gráfica No.3 Evolución del porcentaje de Fósforo en la materia seca total, vegetativa y reproductiva.

de concentraciones altas al inicio de la estación de crecimiento, desciende hasta la floración e inicio del llenado de vainas (85 días post-siembra), para incrementar de aquí a la madurez. Esto coincide con lo observado por : Ohlrogge, A.J. (1960); Small Jr. H.G. y Ohlrogge, A.J. (1973) Barber, S.A. (1978) y De Mooy, J.C. et al. (1970).

Las concentraciones altas al inicio de la estación de crecimiento, podrían deberse a una gran absorción de fósforo en relación al crecimiento, como lo indican De Mooy, J.C. et al. (1970) y Small Jr. H.G. y Ohlrogge, A.J. (1973). El descenso posterior, sería debido a la situación inversa, o sea, la tasa de acumulación de materia seca fue, en relación, mayor a la tasa de absorción de fósforo, durante las etapas juveniles del crecimiento vegetativo. Este descenso continuó hasta aproximadamente los 60 días post-siembra. Luego, el porcentaje de fósforo se mantuvo relativamente constante, hasta que el cultivo alcanzó su máxima tasa de crecimiento y de absorción de fósforo, entre los 85 y 90 días post-siembra, coincidiendo con la floración e inicio del llenado de las vainas. El incremento registrado posteriormente, en el porcentaje de fósforo, durante el llenado del grano, se explicaría por el mayor descenso de la tasa de crecimiento, en relación, al descenso de la tasa de acumulación de fósforo.

En la gráfica No. 4, se presentan las curvas de acumulación porcentual, respecto a su máximo, para la materia seca y fósforo de la fracción total.

En ella se observa claramente que, hasta los 63 días



Gráfica No.4 Acumulación de materia seca total y fósforo total, en relación al máximo alcanzado.

post-siembra, la acumulación de materia seca, superó, porcentualmente, a la acumulación de fósforo. A partir de este momento, y hasta aproximadamente los 85 días post-siembra, ambas acumulaciones fueron similares. Luego, la acumulación porcentual de fósforo fue mayor que la de materia seca, como consecuencia de la intensa acumulación del elemento en el grano.

Del mismo modo, la fracción vegetativa, presenta las máximas concentraciones de fósforo, en las primeras etapas del crecimiento, para descender lentamente hasta la floración y rápidamente durante el llenado del grano. Esto es coincidente con lo observado por: Borst, H.L. y Tatcher, L.E. (1971); Togari, Y. et al. (1975); Henderson, J.B. y

Kamprath, E.J. (1970); Bhangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972); Mascarenhas, H.A.A. (1973) y Bataglia, O.C. y Mascarenhas, H.A.A. (1977).

Como se aprecia en la gráfica No. 3 la evolución es similar a la de la fracción total, hasta la floración e inicio del llenado de las vainas. A partir de este momento, el comportamiento es diferente. La fracción total continúa ascendiendo hasta el fin de la estación, de crecimiento. La vegetativa lo hace en menor grado, hasta los 106 días postsiembra, descendiendo luego, hasta alcanzar, al final de la estación de crecimiento, un valor tan bajo como 0,15 por ciento. Este descenso, estaría relacionado con la traslocación del fósforo desde las hojas y demás partes vegetativas, que realiza normalmente la planta, hacia el grano, durante su llenado (Ohlrogge, A.J., 1960; Hanway, J.J. y Weber, C.R., 1971 c y Jones, G.D. et al. 1977). Además, como las hojas caídas contienen una concentración muy baja de fósforo (Hammond, L.C. et al., citados por Henderson, J.B. y Kamprath, E.J., 1970 y Hanway, J.J. y Weber, C.R., 1971 c), se puede descartar que la caída masiva de hojas que ocurre durante el llenado del grano, sea la causa del descenso en el porcentaje de fósforo.

En cuanto a la concentración de fósforo en la fracción reproductiva, se aprecia un continuo incremento del mismo, desde el inicio del llenado del grano, hasta la madurez. Esto concuerda con lo observado por: Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 c); Borst, H.L. y Thatcher, L.E., citados por De Mooy, J.C. et al. (1970); Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970) y Mascarenhas, H.A.A. (1973). Dicho incremen-

to, es debido, parcialmente, a la traslocación del fósforo desde otras partes de la planta, antes mencionada, y a la absorción directa desde el suelo, tal como lo indicaron Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 c y d).

Concluyendo, la concentración de fósforo en la materia seca total y vegetativa, partió de valores altos al inicio de la estación de crecimiento, para descender hasta los 60 días post-siembra, debido a una mayor acumulación de materia seca en relación a la del fósforo. A partir del momento en que el cultivo alcanza su máxima tasa de crecimiento, el comportamiento de las dos fracciones fue diferente. El porcentaje de fósforo en la fracción total se incrementó continuamente hasta la madurez, mientras el porcentaje del elemento en la fracción vegetativa, aumenta hasta los 106 días post-siembra, decreciendo luego hasta el fin de la estación, como consecuencia de la traslocación.

El porcentaje de fósforo en la porción reproductiva, aumentó continuamente desde el inicio del llenado del grano hasta su madurez, debido a la traslocación del elemento desde otras partes de la planta y a la absorción directa desde el suelo.

b. Efecto de la fertilización y localización del fertilizante sobre el porcentaje de fósforo.

En los cuadros No. 30, 31, 32 y 33, se presenta la evolución del porcentaje de fósforo en la materia seca vegetativa, reproductiva y total, durante el crecimiento, para todos los tratamientos de fertilización y sus análisis de varianza.

Cuadro No. 30 - EVOLUCION DEL PORCENTAJE DE FOSFORO EN LA MATERIA SECA TOTAL Y SUS COMPONENTES.

Días							
post-siembra		42	63	85	106	127	147
Corte No.		1	2	3	4	5	6
Tratamientos:		Porcentaje de Fósforo					
B <sub>0</sub> V <sub>0</sub>	Vegetativo	0,24	0,18	0,19	0,20	0,15	-
	Reproductivo	-	-	-	0,33	0,36	0,42
	Total	0,24	0,18	0,19	0,23	0,25	--
B <sub>0</sub> V <sub>40</sub>	Vegetativo	0,23	0,17	0,19	0,26	0,16	-
	Reproductivo	-	-	-	0,39	0,41	0,44
	Total	0,23	0,17	0,19	0,29	0,28	-
B <sub>0</sub> V <sub>80</sub>	Vegetativo	0,23	0,18	0,18	0,22	0,17	-
	Reproductivo	-	-	-	0,37	0,36	0,42
	Total	0,23	0,18	0,18	0,26	0,26	-
B <sub>20</sub> V <sub>0</sub>	Vegetativo	0,25	0,17	0,18	0,22	0,14	-
	Reproductivo	-	-	-	0,33	0,41	0,41
	Total	0,25	0,17	0,18	0,24	0,27	-
B <sub>20</sub> V <sub>40</sub>	Vegetativo	0,24	0,19	0,20	0,23	0,16	-
	Reproductivo	-	-	-	0,38	0,37	0,43
	Total	0,24	0,19	0,20	0,26	0,26	-
B <sub>20</sub> V <sub>80</sub>	Vegetativo	0,21	0,17	0,20	0,23	0,17	-
	Reproductivo	-	-	-	0,39	0,43	0,45
	Total	0,21	0,17	0,20	0,27	0,32	-
B <sub>40</sub> V <sub>0</sub>	Vegetativo	0,24	0,20	0,18	0,18	0,14	-
	Reproductivo	-	-	-	0,35	0,33	0,37
	Total	0,24	0,20	0,18	0,22	0,22	-
B <sub>40</sub> V <sub>40</sub>	Vegetativo	0,24	0,16	0,18	0,23	0,15	-
	Reproductivo	-	-	-	0,38	0,35	0,40
	Total	0,24	0,16	0,18	0,27	0,24	-
B <sub>40</sub> V <sub>80</sub>	Vegetativo	0,24	0,18	0,21	0,25	0,14	-
	Reproductivo	-	-	-	0,41	0,38	0,47
	Total	0,24	0,18	0,21	0,28	0,25	-

Cuadro No. 31 - ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE FOSFORO EN LA MATERIA SECA TOTAL.

Muestreo	1	2	3	4	5				
Fuente de Variación	G.L.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.
Bloques	3	0,00258	0,00131	0,00063	0,00373	0,00252			
P en Bandas	2	0,00025	n.s.	0,00001	n.s.	0,00014	n.s.	0,00009	n.s.
Error (a)	6	0,00153	0,00169	0,00015	0,00098	0,00258			
P al Voleo	2	0,00055	n.s.	0,00016	n.s.	0,00050	n.s.	0,00639	**
Interacción (BxV)	4	0,00039	n.s.	0,00100	n.s.	0,00047	n.s.	0,00108	n.s.
Error (b)	18	0,00133	0,00041	0,00028	0,00054	0,00038			

G.L. = Grados de Libertad; C.M. = Cuadrados Medios; N.S. = Nivel de Significación

Cuadro No. 32 - ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE FOSFORO EN LA MATERIA SECA VEGETATIVA.

Fuente de Variación	G.L.	1		2		3		4		5	
		C.M.	N.S.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.
Bloques	3	0,00258		0,00131		0,00063		0,00295		0,0002	
F en Bandas	2	0,00025	n.s.	0,00001	n.s.	0,00014	n.s.	0,00010	n.s.	0,0003	n.s.
Error (a)	6	0,00153		0,00169		0,00015		0,00088		0,0011	
P al Voleo	2	0,00055	n.s.	0,00016	n.s.	0,00050	n.s.	0,00503	n.s.	0,0017	n.s.
Interacción (BxV)	4	0,00039	n.s.	0,00100	n.s.	0,00047	n.s.	0,00149	n.s.	0,0002	n.s.
Error (b)	18	0,00133		0,00041		0,00023		0,00068		0,0004	

G.L. = Grados de Libertad; C.M. = Cuadrados Medios; N.S. = Nivel de Significación.

Cuadro No 33 - ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE FOSFORO  
 EN LA MATERIA SECA REPRODUCTIVA.-

Muestreo No:	4	5	6	
Fuente de Variación	<u>G L</u>	<u>C M</u>	<u>N S</u>	
Bloques	3	0,00442	0,00638	0,00437
P en Bandas	2	0,00052 n.s.	0,01460 n.s.	0,00103 n.s.
Error (a)	6	0,00181	0,00745	0,00089
P al Voleo	2	0,01020 **	0,00575 n.s.	0,00585 **
Interacción (ExV)	4	0,00077 n.s.	0,00669 n.s.	0,00321 *
Error (b)	18	0,00115	0,00293	0,00087

G L = Grados de Libertad - C M = Cuadrados Medios

N S = Nivel de Significación

En los mismos se aprecia, que, hasta los 106 días post-siembra, no hay respuesta ni a la localización ni a la fertilización. En este momento, llenado de vainas y grano, se observa un aumento, altamente significativo, en el porcentaje de fósforo de las 3 fracciones, con el agregado de fósforo al voleo.

El cuadro No. 34, muestra las concentraciones de fósforo en las 3 fracciones, a los 106 días post-siembra, para los 9 tratamientos de fertilización y los promedios de los 3 tratamientos en bandas y los 3 de Voleo. De dicho cuadro se desprende, que hubo respuesta a la fertilización al voleo. No existieron diferencias entre 40 y 80 kilogramos de  $P_2O_5$  agregados.

En el cuadro No. 35, se presentan las concentraciones de fósforo en la fracción vegetativa, a los 127 días post-siembra, para los 9 tratamientos de fertilización y los promedios de los 3 tratamientos en bandas y los 3 de voleo. En el mismo se observa, que si bien hubo respuesta a la fertilización al voleo, no existieron diferencias significativas, entre dosis aplicadas.

En el cuadro No. 36, se presentan las concentraciones de fósforo en la fracción reproductiva, a los 147 días post-siembra, para los 9 tratamientos de fertilización y los promedios de los 3 tratamientos en bandas y los 3 de voleo. En él se puede apreciar, que sólo hubo respuesta significativa, al agregado de 80 kilogramos de  $P_2O_5$  al voleo.

En el cuadro No. 37 y Gráficas No. 5 a, b y c, se pre

Cuadro No. 34 - CONCENTRACION DE FOSFORO EN LAS FRACCIONES VEGETATIVA, REPRODUCTIVA Y TOTAL, A LOS 106 DIAS POST-SIEMBRA.

Kilogramos de $P_2O_5$ en Bandas	Kilogramos de $P_2O_5$ al Voleo			
	0	40	80	$\bar{x}$
Materia seca vegetativa				
0	0,20	0,26	0,22	0,23
20	0,22	0,23	0,23	0,22
40	0,18	0,23	0,25	0,22
$\bar{x}$	0,20 a	0,24 b	0,24 b	0,22

D.M.S. Voleo (0,95) = 0,022

D.M.S. Voleo (0,01) = 0,031

Materia seca reproductiva				
0	0,33	0,39	0,37	0,37
20	0,33	0,38	0,39	0,37
40	0,35	0,38	0,41	0,38
$\bar{x}$	0,34 a	0,38 b	0,39 b	0,37

D.M.S. voleo (0,05) = 0,029

D.M.S. Voleo (0,01) = 0,040

Materia seca total				
0	0,23	0,29	0,26	0,26
20	0,24	0,26	0,27	0,26
40	0,22	0,27	0,28	0,25
$\bar{x}$	0,23 a	0,27 b	0,27 b	0,26

D.M.S. Voleo (0,05) = 0,022

D.M.S. Voleo (0,01) = 0,031

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas al 0,01.

Cuadro No. 35 - CONCENTRACION DE FOSFORO EN LA FRAC  
CION VEGETATIVA, A LOS 127 DIAS  
POST-SIEMBRA.

Kilogramos de $P_2O_5$ en Bandas	Kilogramos de $P_2O_5$ al Voleo			
	0	40	80	$\bar{x}$
0	0,15	0,16	0,17	0,16
20	0,14	0,16	0,17	0,16
40	0,14	0,15	0,14	0,14
$\bar{x}$	0,14 a	0,16 b	0,15 b	0,15

D.M.S. Voleo (0,05) = 0,017

D.M.S. Voleo (0,01) = 0,024

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas  
al 0,05

Cuadro No. 36 - CONCENTRACION DE FOSFORO EN LA FRAC  
CION REPRODUCTIVA, A LOS 147 DIAS  
POST-SIEMBRA

Kilogramos de $P_2O_5$ en Bandas	Kilogramos de $P_2O_5$ al Voleo			
	0	40	80	$\bar{x}$
0	0,42	0,44	0,42	0,43
20	0,41	0,43	0,45	0,43
40	0,37	0,40	0,47	0,41
$\bar{x}$	0,40 a	0,42 ab	0,45 b	0,42

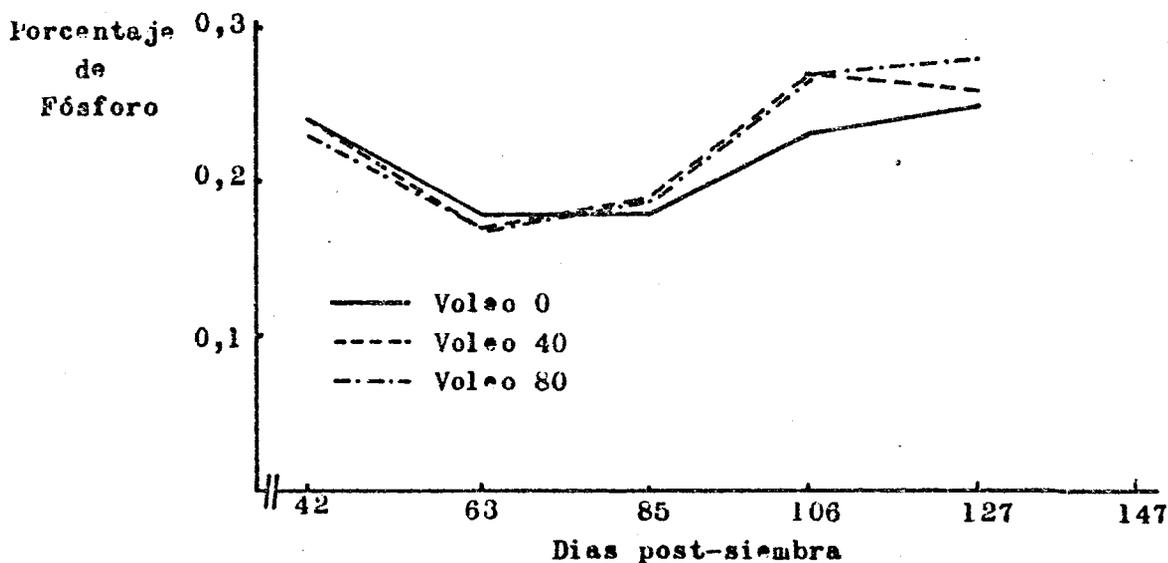
D.M.S. Voleo (0,05) = 0,025

D.M.S. Voleo (0,02) = 0,035

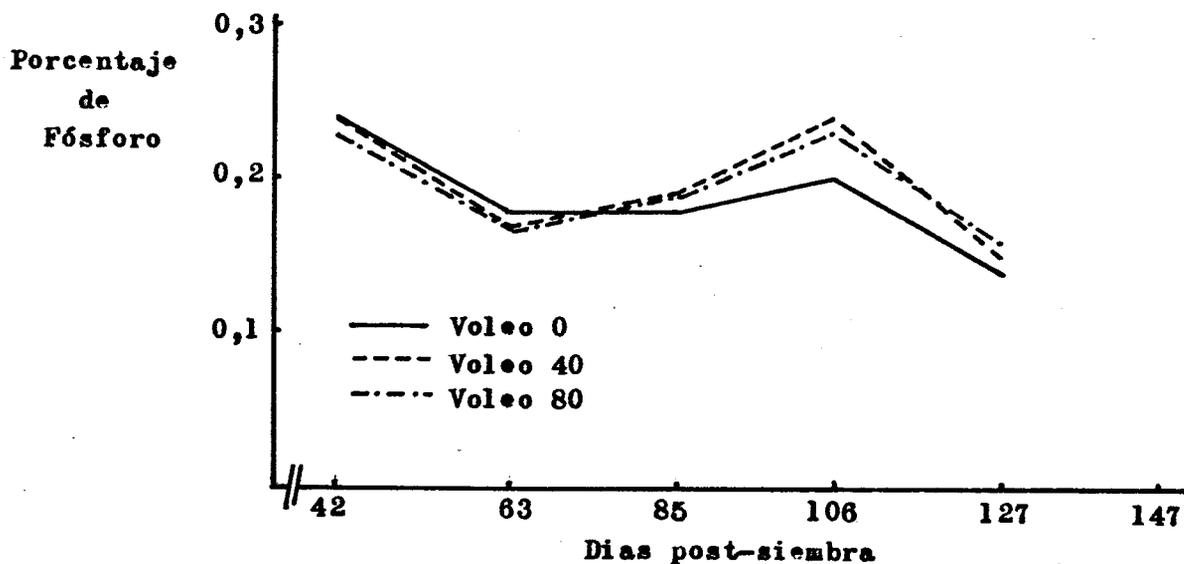
Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas  
al 0,01.

Cuadro No. 37 - EVOLUCION DEL PORCENTAJE DE FOSFORO EN LA MATERIA SECA, PARA LOS PROMEDIOS DE LAS 3 DOSIS DE VOLEO.

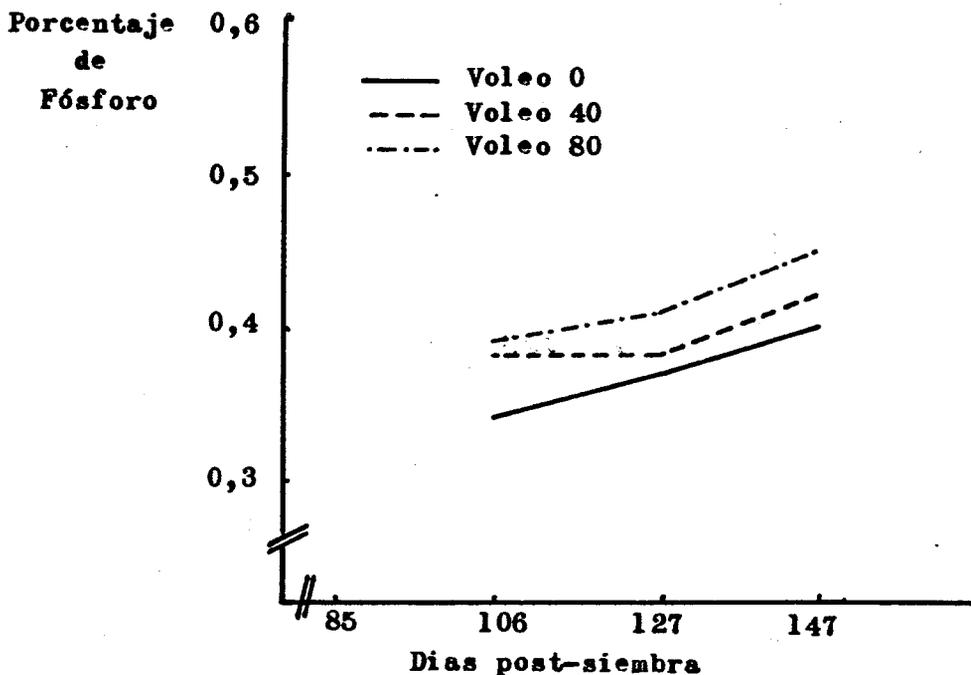
Días post-siembra		42	63	85	106	127	147
Muestreo No:		1	2	3	4	5	6
Tratamiento: Fracción:		Porcentaje de fósforo					
VOLEO 0	Vegetativa	0,24	0,18	0,18	0,20	0,14	--
	Reproductiva	-	-	-	0,34	0,37	0,40
	Total	0,24	0,18	0,18	0,23	0,25	--
VOLEO 40	Vegetativa	0,24	0,17	0,19	0,24	0,15	--
	Reproductiva	-	-	-	0,38	0,38	0,42
	Total	0,24	0,17	0,19	0,27	0,26	--
VOLEO 80	Vegetativa	0,23	0,17	0,19	0,23	0,16	--
	Reproductiva	-	-	-	0,39	0,41	0,45
	Total	0,23	0,17	0,19	0,27	0,23	--



Gráfica No. 5a Porcentaje de Fósforo en la materia seca total, para los promedios de los tratamientos con fertilización al Voleo.



Gráfica No.5b Porcentaje de Fósforo en la materia seca vegetativa, para los promedios de los tratamientos fertilizados al Voleo.



Gráfica No.5c Porcentaje de Fósforo en la fracción reproductiva, para los promedios de los tratamientos fertilizados al Voleo.

senta la evolución del porcentaje de fósforo en las fracciones vegetativa, reproductiva y total, durante el crecimiento, para los promedios de los tratamientos con 0, 40 y 80 kilogramos de  $P_2O_5$  aplicados al voleo.

El porcentaje de fósforo que presentan las fracciones vegetativas sin y con fertilización, fue de 0,20 y 0,24 por ciento, a los 106 días post-siembra. Esta diferencia, ya se evidenció, anteriormente, en los folíolos maduros tomados en la floración, que, a los 92 días post-siembra, presentaron 0,29 y 0,32 por ciento de fósforo, en los tratamientos sin y con fertilización respectivamente. Esta evolución del porcentaje de fósforo, en la fracción vegetativa, parecería indicar, que la planta de soja, desde el inicio de la floración, y aún a los niveles de fósforo disponible en el suelo de este ensayo, responde, acumulando más fósforo, al agregado de este elemento al voleo. Respuestas similares, aunque trabajando en suelos de bajo nivel de fósforo disponible, fueron obtenidos por: Hanway, J.J. y Weber C.R. (1971 c); Hamm, G.E. et al. (1973) Bhangoo, M.S. y Albritton, D.J. (1972); Jones, G.D. et al. (1977); Jones, G.D. y Lutz Jr. J.A. (1971) y Mascarenhas, H.A.A. et al. (1975).

La mayor absorción de fósforo de los tratamientos fertilizados, también sería la respuesta a la diferencia observada en los porcentajes de fósforo de las fracciones reproductiva y total. En la fracción reproductiva, también colabora la traslocación como un mecanismo normal (Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 c).

A los 106 días post-siembra, los porcentajes de

fósforo de la fracción reproductiva de los tratamientos sin y con fertilización fueron 0,34 y 0,39 por ciento respectivamente, y a los 147 días post-siembra, de 0,40 y 0,43 por ciento. Estas diferencias fueron significativas a los niveles de probabilidad de 0,01 y 0,05 respectivamente.

Como ya fue visto, las diferencias entre los tratamientos sin fertilizar y fertilizados al voleo, se manifestaron también en el grano, siendo los valores de concentración de 0,57 y 0,59 por ciento, respectivamente. Al igual que a los 147 días post-siembra, sólo hubo respuesta al agregado de 80 kilogramos de  $P_2O_5$  al voleo.

Este mayor consumo de fósforo que realizaron los tratamientos fertilizados al voleo, no se tradujo en un mayor rendimiento en grano. Se puede concluir entonces, que la absorción adicional que realizó la planta de soja, a partir de la floración, cuando recibió fertilización al voleo, fue un verdadero consumo de lujo.

En síntesis, la fertilización al voleo, produjo un incremento en la concentración de fósforo en todas las fracciones de la planta, incluyendo al grano, a partir de la floración. Esta mayor absorción de fósforo no se tradujo en un mayor rendimiento en grano.

### 3. Acumulación de fósforo

#### a. Kilogramos de fósforo acumulados

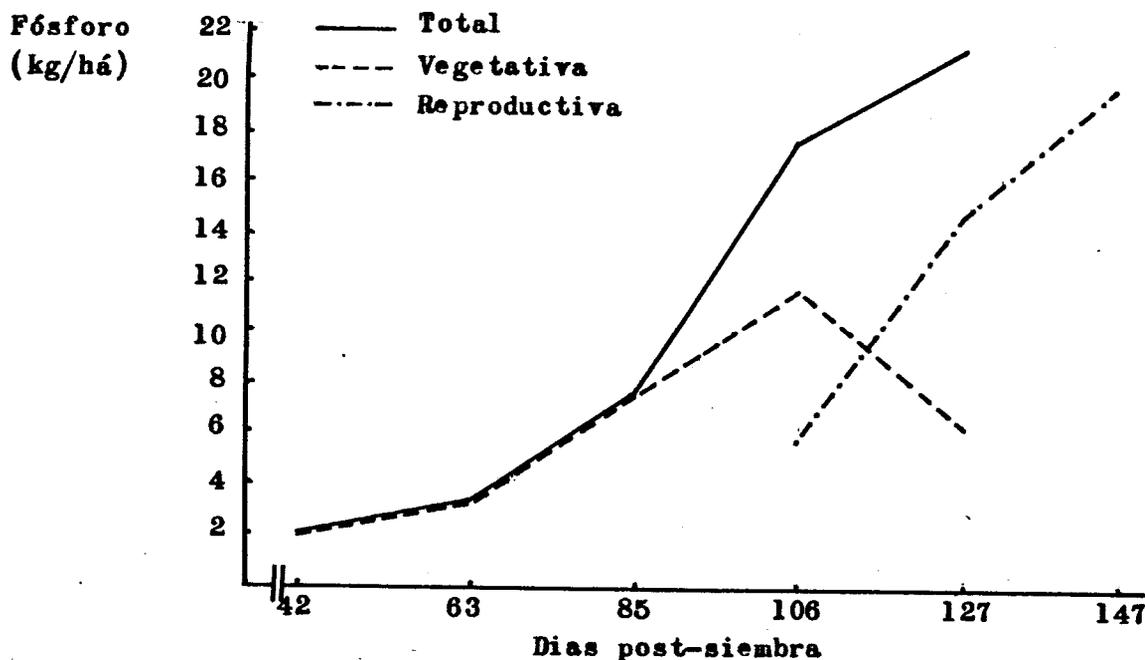
En el cuadro No. 38 y gráfica No. 6, se presenta la evolución de los kilogramos de fósforo acumulados en las

fracciones vegetativas, reproductiva y total, durante el crecimiento, como promedio de los 9 tratamientos de fertilización fosfatada.

Cuadro No. 38 - EVOLUCION DE LOS KILOGRAMOS DE FOSFORO ACUMULADOS POR LAS FRACCIONES VEGETATIVA, REPRODUCTIVA Y TOTAL, DURANTE EL CRECIMIENTO, COMO PROMEDIO DE LOS 9 TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION

Días post-siembra	42	63	85	106	127	147
Muestreo No.:	1	2	3	4	5	6
Fracción:	Kilogramos de fósforo por hectárea					
Vegetativa	2,02	3,52	7,61	11,80	6,35	-
Reproductiva	-	-	-	5,82	14,78	19,77
Total	2,02	3,52	7,61	17,63	21,31	-

En los mismos, se puede apreciar que la fracción vegetativa, acumuló fósforo continuamente, hasta alcanzar un máximo de 11,8 kilogramos por hectárea, a los 106 días post-siembra. De aquí hasta los 127 días post-siembra, se registró una pérdida de 5,27 kilogramos de fósforo por hectárea, Esto coincide con lo observado por: Hammond, L.C. et al., citados por Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970); Henderson J.B. y Kamprath, E.J. (1970); Mascarenhas H.A.A. (1973) y Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d). Esta pérdida de fósforo en la materia seca vegetativa, representa un 25 por ciento del máximo acumulado por la planta.



Gráfica No.6 Acumulación de Fósforo en la materia se ca total, vegetativa y reproductiva.

Este valor es superior al reportado por Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d), ya que estos consideraron sólo el fósforo perdido con las hojas caídas. La pérdida de fósforo puede ser atribuída a la caída de hojas y a la traslocación, como lo indican: Ohlrogge, A.J. (1960); Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1968); Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970) y Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d).

Simultáneamente, se verificó un contínuo incremento en la acumulación de fósforo total por la planta, hasta alcanzar, a los 127 días post-siembra, un valor de 21,31 kilogramos por hectárea. Esto coincide con la descripción dada por: Hammond, L.C. et al. (1971); Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970); Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d) y Mascarenhas, H.A.A. (1973).

A los 127 días post-siembra, un 69 por ciento del fósforo total acumulado, se encontró en la fracción reproductiva. Esto es coincidente con lo observado por: Hammond L.C. et al., citados por Ohlrogge, A.J. (1960); Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d); Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1975), y Bataglia, O.C. et al. (1978).

La fracción reproductiva, acumuló fósforo continuamente, hasta alcanzar, a los 147 días post-siembra, un valor de 19,77 kilogramos por hectárea.

Comparando las cantidades de fósforo acumuladas a los 106 y 127 días post-siembra, en las fracciones vegetativa y reproductiva, y asumiendo que todo el fósforo perdido por la fracción vegetativa fue traslocado hacia la reproductiva, vemos, que, aproximadamente, el 59 por ciento del fósforo presente en esta última fracción, a los 127 días, provino de la fracción vegetativa.

Esta cantidad, está sobrevalorada, porque en ella está incluido el fósforo perdido con las hojas caídas. Aún así, este valor coincide con lo observado por: Ohlrogge, A.J. (1960); Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970); Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d); Hammond, L.C. et al. citados por Kollman, G.E. et al. (1974), que citan valores cercanos al 50 por ciento. El resto del fósforo acumulado por la fracción reproductiva, proviene, directamente del suelo, por absorción, como lo indican: Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d) y Bureau, M.S. et al., citados por Ohlrogge, A.J. (1960).

b. Tasas de acumulación de fósforo.

En el cuadro No. 39, se presentan las tasas diarias de acumulación de fósforo en las fracciones vegetativa, reproductiva y total, durante el crecimiento, como promedio de los 9 tratamientos de fertilización.

Cuadro No. 39 - EVOLUCION DE LAS TASAS DIARIAS DE ACUMULACION DE FOSFORO EN LAS FRACCIONES VEGETATIVA, REPRODUCTIVA y TOTAL, DURANTE EL CRECIMIENTO, COMO PROMEDIO DE LOS 9 TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION.

Días post-siembra	53	74	95	117	137
<u>Fracción:</u>	<u>Kilogramos de fósforo por hectárea y por día</u>				
Vegetativa	0,071	0,186	0,200	-0,251	- -
Reproductiva	- -	- -	0,278	0,426	0,250
Total	0,071	0,186	0,478	0,175	- -

La evolución de las tasas, es similar a la observada para la materia seca (cuadro No. 27).

En la fracción total, la acumulación se da a tasas diarias crecientes, hasta aproximadamente los 96 días post siembra, donde alcanza un máximo de 0,478 kilogramos por hectárea, para luego decrecer, hasta el fin de la estación, debido, parcialmente a la caída de hojas. Esto coincide, entre otras, con lo observado por: Legget y Frere, citados por De Mooy, J.C., Pesek, J. y Spandon, E. (1970); Hanway, J.J. y Weber, C.R. (1971 d); Ohlrogge, A.J. (1960) y Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969).

La tasa diaria de acumulación de la fracción vegetativa, crece, hasta alcanzar un máximo entre los 74 y 96 días post-siembra, cercano a 0,200 kilogramos por hectárea. Luego decrece rápidamente, alcanzando valores negativos a los 117 días post-siembra. Henderson, J.B. y Kamprath, E.J. (1970), también encontraron que la tasa máxima de acumulación de fósforo ocurrió durante la floración, aunque su valor fue superior.

La fracción reproductiva, acumula fósforo a tasas diarias crecientes, alcanzando, a los 117 días post-siembra, un valor de 0,426 kilogramos por hectárea. De aquí en mas, decrece hasta el fin de la estación.

Sintetizando, la tasa de acumulación de fósforo en la materia seca total es creciente desde las primeras etapas del crecimiento hasta los 96 días post-siembra, donde es máxima y alcanza un valor de 0,478 kilogramos por hectárea. Luego decreció hasta el final de la estación. El máximo de acumulación de dió a los 127 días post-siembra y registró un valor de 21,31 kilogramos por hectárea.

La tasa de acumulación de fósforo en la materia seca vegetativa, creció desde el inicio de la estación hasta los 74 a 96 días post-siembra, donde se hizo máxima y alcanzó un valor cercano a los 0,200 kilogramos por hectárea y por día. Luego decreció rápidamente, hasta que alcanzó valores negativos a los 117 días post-siembra. El máximo de acumulación de fósforo se dió a los 106 días post-siembra, siendo su valor 11,80 kilogramos por hectárea. Luego decreció como consecuencia de la caída de ho-

jas y la traslocación.

La tasa de acumulación de fósforo en la materia se ca reproductiva fue creciente desde el inicio del llenado del grano, hasta los 117 días post-siembra, donde alcanza un máximo de 0,426 kilogramos por hectárea. De aquí en más decreció hasta la madurez. La acumulación de fósforo alcanzó un máximo de 19,77 kilogramos por hectárea, a los 147 días post-siembra.

c. Efecto de la fertilización y la localización del fertilizante.

En los cuadros No. 40, 41, 42, y 43, se presenta la evolución de los kilogramos de fósforo acumulados por hec tárea, en las fracciones vegetativa, reproductiva y total, para los 9 tratamientos de fertilización y sus análisis de varianza con las respectivas diferencias mínimas significativas.

En ellos se observa, un incremento significativo en la acumulación de fósforo por las fracciones total, ve getativa y reproductiva, a los 106 días post-siembra, con el agregado de fósforo al voleo.

La acumulación de fósforo, a los 106 días post-siembra, en las 3 fracciones, para los 9 tratamientos de fertilización, y los promedios para la banda y el voleo, se presentan en el cuadro No. 44.

En el mismo, se observa, que el agregado de 40 ki logramos de  $P_2O_5$  por hectárea, al voleo, produjo un incremento significativo en la acumulación de fósforo de

Cuadro No. 40 - ACUMULACION DE FOSFORO EN LA MATERIA SECA TOTAL Y SUS COMPONENTES, DURANTE EL CRECIMIENTO.

Días post-siembra		42	63	85	106	127	147
Corte No		1	2	3	4	5	6
Tratamientos:		Kilogramos de fósforo por hectárea					
B <sub>0</sub> V <sub>0</sub>	Vegetativo	1,744	3,335	7,344	9,987	7,032	--
	Reproductivo	--	--	--	5,309	16,542	22,930
	Total	1,744	3,335	7,344	15,286	23,574	--
B <sub>0</sub> V <sub>40</sub>	Vegetativo	1,847	3,128	6,940	12,434	6,057	--
	Reproductivo	--	--	--	5,659	16,332	19,145
	Total	1,847	3,128	6,940	18,093	22,389	--
B <sub>0</sub> V <sub>80</sub>	Vegetativo	1,775	3,104	6,887	12,082	7,847	--
	Reproductivo	--	--	--	6,218	13,113	19,768
	Total	1,775	3,104	6,887	18,300	20,960	--
B <sub>20</sub> V <sub>0</sub>	Vegetativo	1,660	2,908	6,357	11,275	5,438	--
	Reproductivo	--	--	--	5,018	15,465	17,601
	Total	1,660	2,908	6,357	16,293	20,903	--
B <sub>20</sub> V <sub>40</sub>	Vegetativo	2,281	3,815	8,363	12,234	7,210	--
	Reproductivo	--	--	--	5,585	15,258	19,095
	Total	2,281	3,815	8,363	17,819	22,468	--
B <sub>20</sub> V <sub>80</sub>	Vegetativo	1,797	3,297	7,100	12,840	6,840	--
	Reproductivo	--	--	--	7,422	17,666	22,802
	Total	1,797	3,297	7,100	20,262	24,506	--
B <sub>40</sub> V <sub>0</sub>	Vegetativo	2,110	4,630	7,486	9,614	6,313	--
	Reproductivo	--	--	--	4,652	12,476	15,375
	Total	2,110	4,630	7,486	14,266	18,789	--
B <sub>40</sub> V <sub>40</sub>	Vegetativo	2,608	3,127	8,545	12,459	6,064	--
	Reproductivo	--	--	--	6,649	12,603	18,294
	Total	2,608	3,127	8,545	19,108	18,667	--
B <sub>40</sub> V <sub>80</sub>	Vegetativo	2,313	4,370	9,466	13,287	5,955	--
	Reproductivo	--	--	--	5,876	13,538	22,321
	Total	2,313	4,370	9,466	19,163	19,493	--

Cuadro No. 41 - ANALISIS DE VARIANZA PARA KILOGRAMOS DE FOSFORO ACUMULADOS EN LA MATERIA SECA TOTAL.

Muestreo	1		2		3		4		5		
Fuente de Variación	G.L.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.	C.M.	N.S.
Bloques	3	2,73556		8,88738		6,64494		4,379		124,5689	
P en Bandas	2	1,01746	n.s.	2,48917	n.s.	7,25495	n.s.	2,525	n.s.	48,8309	n.s.
Error (a)	6	0,89471		1,89308		5,47651		10,678		43,6918	
P al Voleo	2	0,52214	n.s.	0,25467	n.s.	2,74968	n.s.	51,673	n.s.	1,1097	n.s.
Interacción (BxV)	4	0,08220	n.s.	1,61021	n.s.	2,77045	n.s.	3,684	n.s.	9,7964	n.s.
Error (b)	18	0,29759		0,63794		0,94028		6,358		17,4305	

G L = Grados de Libertad; C M = Cuadrados Medios; N S = Nivel de Significación.

Cuadro No. 42 - ANALISIS DE VARIANZA PARA KILOGRAMOS DE FOSFORO ACUMULADOS EN LA MATERIA SECA VEGETATIVA.

Fuente de Variación	G.L.	1		2		3		4		5	
		C.M.	N.S.								
Bloques	3	2,73556		8,88738		6,64494		2,2962		10,3649	
P en Bandas	2	1,01746	n.s.	2,48917	n.s.	7,25495	n.s.	1,1483	n.s.	2,2873	n.s.
Error (a)	6	0,89471		1,89308		5,47651		3,5031		4,0791	
P al Voleo	2	0,52214	n.s.	0,25467	n.s.	2,74968	n.s.	20,8168	*	1,2167	n.s.
Interacción (B x V)	4	0,08220	n.s.	1,61021	n.s.	2,77045	n.s.	1,7271	n.s.	2,8125	n.s.
Error (b)	18	0,29759		0,63794		0,94028		3,6290		2,2819	

G.L. = Grados de Libertad; C.M. = Cuadrados Medios; N.S. = Nivel de Significación.

Cuadro No 43 - ANALISIS DE VARIANZA PARA KILOGRAMOS DE FOSFORO  
ACUMULADOS EN LA MATERIA SECA REPRODUCTIVA.--

Muestreo No:	4		5		6
Fuente de Variación	<u>G L</u>	<u>C M</u>	<u>N S</u>	<u>C M</u>	<u>N S</u>
Bloques	3	0,6996		66,0478	107,5835
P en Bandas	2	0,3159	n.s.	34,5733	9,7716 n.s.
Error (a)	6	4,5065		24,2765	3,8252
P al Voleo	2	7,0436	*	0,0284	37,2822 n.s.
Interacción (BrV)	4	2,0825	n.s.	11,6066	32,3232 n.s.
Error (b)	18	1,7315		13,0395	18,1543

G L = Grados de Libertad - C M = Cuadrados Medios

N S = Nivel de Significación

Cuadro No. 44 - ACUMULACION DE FOSFORO EN LAS FRACCIONES VEGETATIVA, REPRODUCTIVA Y TOTAL, A LOS 106 DIAS POST-SIEMBRA.

Kilogramos de $P_2O_5$ en Bandas	Kilogramos de $P_2O_5$ al Voleo			
	0	40	80	$\bar{x}$
<u>Kilogramos de fósforo por hectárea</u>				
<u>Materia seca vegetativa</u>				
0	9,978	12,434	12,082	11,498
20	11,275	12,234	12,840	12,116
40	9,614	12,459	13,287	11,786
$\bar{x}$	10,289 a	12,376 b	12,736 b	11,800
D.M.S. Voleo (0,05) = 1,633				
D.M.S. Voleo (0,01) = 2,240				
<u>Materia seca reproductiva</u>				
0	5,309	5,659	6,218	5,729
20	5,018	5,585	7,422	6,008
40	4,652	6,649	5,876	5,725
$\bar{x}$	4,993 a	5,964 ab	6,505 b	5,821
D.M.S. Voleo (0,05) = 1,128				
D.M.S. Voleo (0,01) = 1,547				
<u>Materia seca total</u>				
0	15,287	18,093	18,300	17,227
20	16,293	17,819	20,261	18,124
40	14,266	19,108	19,162	17,512
$\bar{x}$	15,282 a	18,340 b	19,241 b	17,621
D.M.S. Voleo (0,05) = 2,162				
D.M.S. Voleo (0,01) = 2,965				

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas al 0,05 y 0,01.-

3,06 y 2,09 kilogramos por hectárea, en las fracciones total y vegetativa, respectivamente. En la fracción reproductiva, en cambio, produjo un incremento no significativo de 0,970 kilogramos por hectárea. El agregado de 80 kilogramos de  $P_2O_5$  al voleo, por hectárea, produjo un incremento significativo, en la acumulación de fósforo en la fracción reproductiva, de 1,50 kilogramos por hectárea.

Si comparamos los promedios de acumulación de fósforo de la materia seca total, de los tratamientos sin y con fertilización al voleo, vemos, que estos últimos acumularon, a los 106 días post-siembra, un 23 por ciento más que los tratamientos sin fertilización. Si asumimos, que este incremento en la acumulación de fósforo, que causa la fertilización al voleo, proviene enteramente del fertilizante, es posible estimar, que en este momento, la planta recuperó un 13 por ciento del fósforo agregado con el fertilizante.

Todo lo expuesto indica, claramente, que la fertilización al voleo incrementó la absorción de fósforo por la planta de soja durante el llenado del grano, aún a niveles adecuados de fósforo disponible del suelo. Esto fue observado por: Ohlrogge, A.J. (1960); Bureau, M.F. et al. citados por Ohlrogge, A.J. (1960) y Ohlrogge, A.J. y Kamprath, E.J. (1969).

Este incremento en la absorción de fósforo, causó un aumento en la acumulación del elemento por el cultivo. El incremento en la acumulación se debe a una mayor concentración del nutriente en los tejidos de la planta y no

a una mayor acumulación de materia seca a los 106 días post-siembra.

Sin embargo, a los 127 días post-siembra, no se observaron diferencias significativas, en la acumulación de fósforo total entre los tratamientos sin y con fertilización al voleo. Esto podría ser debido a que, si bien la absorción continuó hasta el final del ciclo de crecimiento, como lo demuestra el mayor porcentaje de fósforo encontrado en los tejidos de plantas de soja que recibieron fertilización al voleo, no se produjo en estas, un incremento en la producción de materia seca. Por el contrario, y tal cual fue visto, la producción de materia seca sufrió una depresión en respuesta a la fertilización al voleo.

## E. AJUSTE DE CURVAS DE CRECIMIENTO.

### 1. Introducción

En este punto, se comparan los datos de análisis de crecimiento obtenidos por el método clásico, con los obtenidos al realizar un ajuste por regresión múltiple.

Se sabe, que el método clásico, consistente en realizar una serie de muestreos sucesivos a un intervalo de tiempo conocido, adolece del defecto de que nada indica sobre los hechos ocurridos entre dos muestreos consecutivos. Esto obliga a realizar numerosos muestreos a intervalos de tiempo pequeños, lo que en la práctica está ligado a mayores gastos y a mayores superficies experimentales.

Los métodos de ajuste por regresión, obvian este in

conveniente, ya que a partir de un pequeño número de muestras, predicen con cierta seguridad todos los hechos biológicos que ocurren dentro del período de muestreo. Esto es cierto, siempre y cuando, el modelo matemático utilizado sea el adecuado.

Se intentó, probar el ajuste de los datos obtenidos, a una ecuación polinomial del tipo:

$$Y = a + b t + c t^2 + d t^3$$

donde a, b, c y d, son constantes y t es el tiempo desde la siembra en días.

Se comparan los datos reales, con sus respectivos valores ajustados, en lo referente a: acumulación de materia seca total y vegetativa; acumulación de fósforo en la materia seca total y vegetativa; tasas de acumulación respectivas, y los momentos en los cuales ocurren los máximos de acumulación y de las tasas.

Al no haber respuesta significativa a la fertilización fosfatada, se considerarán solo los datos promediales de los nueve tratamientos realizados.

Para el cálculo de las tasas diarias de acumulación de materia seca y fósforo, se derivaron las funciones respectivas; para el cálculo de las tasas diarias máximas de acumulación, se realizó el estudio de la concavidad de cada función, a través de la derivada segunda.

El cálculo de los máximos de las funciones se realizó a través del estudio de las raíces de cada derivada.

En el cuadro No. 45 se presentan los coeficientes de regresión, su significación y los coeficientes de de-

Cuadro No. 45 - COEFICIENTES DE REGRESION, SU SIGNIFICACION Y COEFICIENTES DE DETERMINACION, OBTENIDOS POR AJUSTE DEL MODELO.

Fracción	a	b	c	d	R <sup>2</sup>
Materia Seca Total	8929,4526	-408,5453200 **	6,1943313 *	-0,0237914 **	0,9529
Materia Seca Vegetativa	8409,5956	-411,8752200 **	6,8191602 **	-0,0302338 **	0,9333
P Total	36,90028	-1,6015357 **	0,0218464 **	-0,0000302 **	0,9493
P Vegetativo	36,85169	-1,7007871 **	0,0254061 **	-0,0001096 **	0,9423

\*\* = Significativo - \*\*\* = altamente Significativo.-

terminación, resultantes de ajustar el modelo a la materia seca total y vegetativa, y al fósforo de la materia seca total y vegetativa.

2. Acumulación de materia seca

a. Materia seca total.

En el cuadro No. 46, se presenta la acumulación de materia seca total observada por el método clásico y la estimada por regresión múltiple, durante el ciclo de creci-miento.

Cuadro No. 46 - ACUMULACION COMPARATIVA DE MATERIA SECA TOTAL POR EL METODO CLASICO Y POR REGRESION MULTIPLE, DURANTE EL CICLO DE CRECIMIENTO.

Días post-siembra	42	63	85	106	127
<u>Método:</u>	<u>Kilogramos de materia seca por hectárea</u>				
Clásico	854	1.960	4.021	6.914	8.170
Regresión	935	1.827	4.326	6.887	8.219

Por el método clásico, el mayor valor de acumulación de materia seca registrado se dió a los 127 días postsiembra. En el mismo momento, el método de regresión, estimó un valor de 8.219 kilogramos de materia seca por hectárea. Este último valor no puede ser considerado como el máximo absoluto, debido a que entre los datos obtenidos por el método clásico, no se observó un punto de decrecimiento posterior a los 127 días post-siembra, al no haberse continuado los muestreos.

A continuación se presenta el análisis de varianza del modelo.

Cuadro No. 47 - ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO AJUSTADO PARA MATERIA SECA TOTAL

Fuente de Variación	<u>G L</u>	<u>C M</u>	<u>F</u>	<u>F</u>	Nivel de Significación
Total	19				
Error	16	469153,00			
Modelo	3	XXXXXXXXXX	107,960		**
lineal	1	XXXXXXXXXX	317,142		**
cuadrático	1	430842,56	0,899		n.s.
cúbico	1	2794042,00	5,831		*

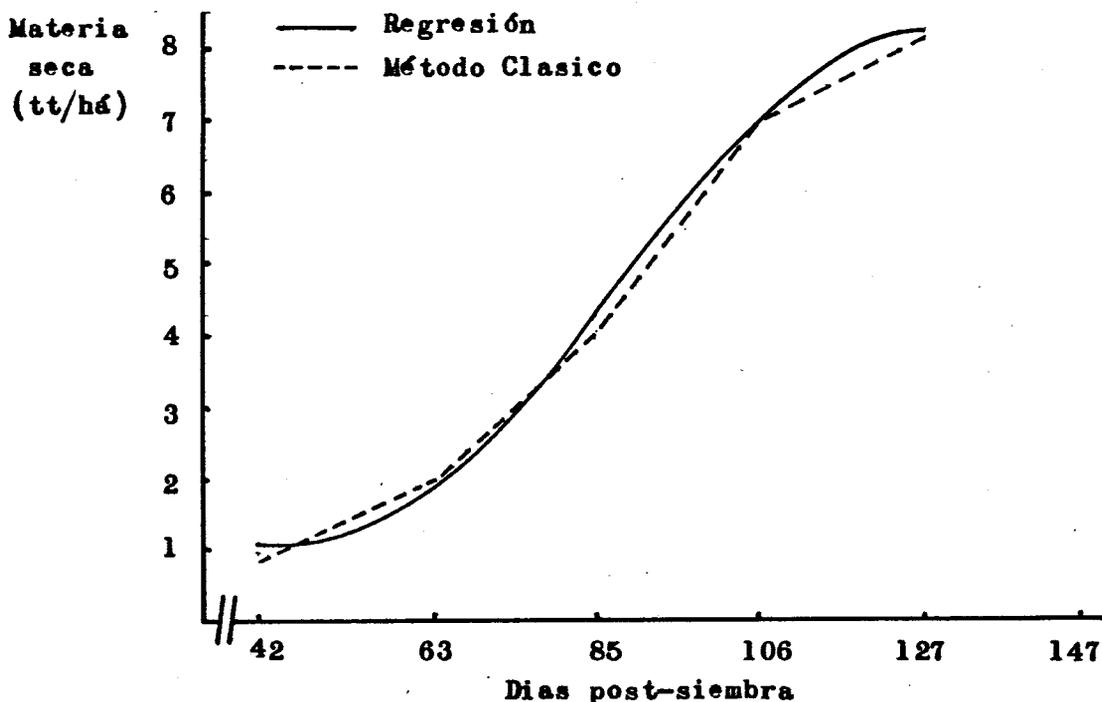
G L = Grados de Libertad - C M = Cuadrados medios.

En la gráfica No. 7, se presenta la evolución comparativa de los kilogramos de Materia seca total acumulados durante el crecimiento, obtenida en forma puntual y ajustada.

b. Tasas de acumulación de materia seca total.

De manera de hacer comparables las tasas obtenidas por derivación del modelo con las obtenidas por el método clásico, se las calculó para los 53, 74, 96 y 117 días post-siembra.

En el cuadro No. 48, se presentan comparativamente, las tasas diarias de acumulación, obtenidas por ambos métodos.



Gráfica No. 7 Acumulación de materia seca total, observada por el Método Clásico y estimada por Regresión.

Cuadro No. 48 - EVOLUCION COMPARATIVA DE LAS TASAS DIARIAS DE ACUMULACION DE MATERIA SECA TOTAL, OBTENIDAS POR EL METODO CLASICO Y POR REGRESION MULTIPLE

Días post-siembra	53	74	96	117
<u>Método:</u>	Kilogramos de materia seca por hectárea y por día			
Clásico	52,667	93,682	137,762	59,810
Regresión	47,564	117,371	122,992	63,887

Se observa que la tendencia de las tasas diarias, calculadas por ambos métodos, es similar. Las diferencias observadas entre las tasas diarias, son debidas, fundamentalmente a su forma de cálculo.

La tasa máxima de acumulación de materia seca total, calculada para el ajuste, ocurrió a los 87 días post-siembra, siendo su valor 129,04 kilogramos por hectárea y por día.

c. Materia seca vegetativa.

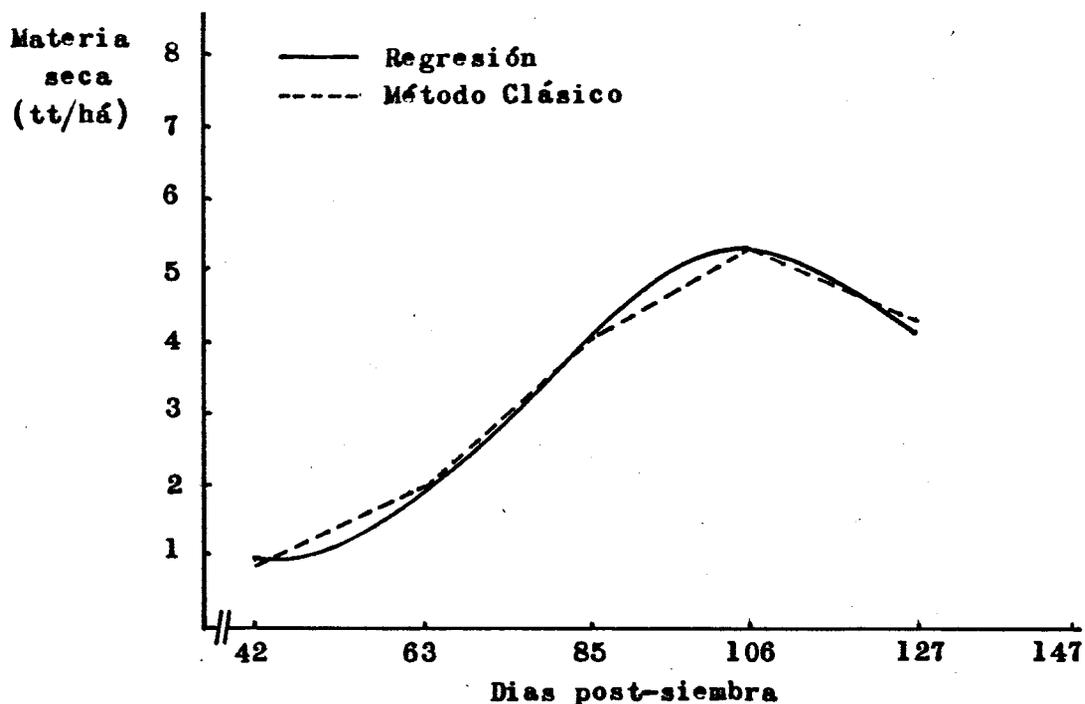
En el cuadro No. 49, se presenta la acumulación de materia seca vegetativa, observada por el método clásico y la estimada por regresión múltiple, durante el ciclo de crecimiento.

Cuadro No. 49 - ACUMULACION COMPARATIVA DE MATERIA SECA VEGETATIVA POR EL METODO CLASICO Y POR REGRESION MULTIPLE, DURANTE EL CICLO DE CRECIMIENTO.

Días post-siembra	42	63	85	106	127
<u>Método:</u>	<u>Kilogramos de materia seca por hectárea</u>				
Clásico	845	1.960	4.021	5.337	4.313
Regresión	900	1.967	4.101	5.362	4.157

En la gráfica No. 8, se presenta la evolución comparativa de los kilogramos de materia seca vegetativa acumulados, en forma puntual y ajustada.

De acuerdo con el método de regresión, la acumulación máxima se dió a los 109 días post-siembra, alcanzando 5.380 kilogramos de materia seca por hectárea. El método clásico, en cambio, detectó el pico de máxima acumulación a los 106 días post-siembra, siendo su valor de 5.337 kilogramos de materia seca por hectárea.



Gráfica No. 8 Acumulación de materia seca vegetativa, observada por el Método Clásico y estimada por Regresión.

El análisis de varianza del modelo, se presenta en el cuadro No. 50

Cuadro No. 50 - ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO AJUSTADO PARA MATERIA SECA VEGETATIVA.

Fuente de Variación	<u>C.L</u>	<u>C M</u>	<u>F</u>	Nivel de Significación
Total	19			
Error	16	236159,31		
Modelo	3	XXXXXXXXXX	74,580	**
lineal	1	XXXXXXXXXX	175,148	**
cuadrático	1	6966152,00	29,498	**
cúbico	1	4512111,00	19,106	**

d. Tasas de acumulación de materia seca vegetativa.

Las tasas diarias de acumulación de materia seca ve getativa calculadas para el método clásico y regresión, se presentan en el cuadro No. 51.

Cuadro No. 51 - EVOLUCION COMPARATIVA DE LAS TASAS DIARIAS DE ACUMULACION DE MATERIA SECA VEGETATIVA, OBTENIDAS POR EL METODO CLASICO Y POR REGRESION MULTIPLE.

Días post-siembra	53	74	96	117
<u>Método:</u>	Kilogramos de materia seca por hectárea y por día.			
Clásico	52,667	93,682	62,667	-48,762
Regresión	56,176	100,680	61,499	-57,803

Si bien los valores absolutos presentan diferencias, la tendencia es similar en ambos métodos.

En el ajuste, la máxima tasa de acumulación de mate ria seca vegetativa, ocurrió a los 75 días post-siembra, al canzando un valor de 100,8 kilogramos por hectárea y por día. En el método clásico, la tasa diaria fue máxima entre los 63 y 85 días post-siembra, alcanzando un valor de 93,682 kilogramos por hectárea.

3. Acumulación de fósforo

a. Kilogramos de fósforo.

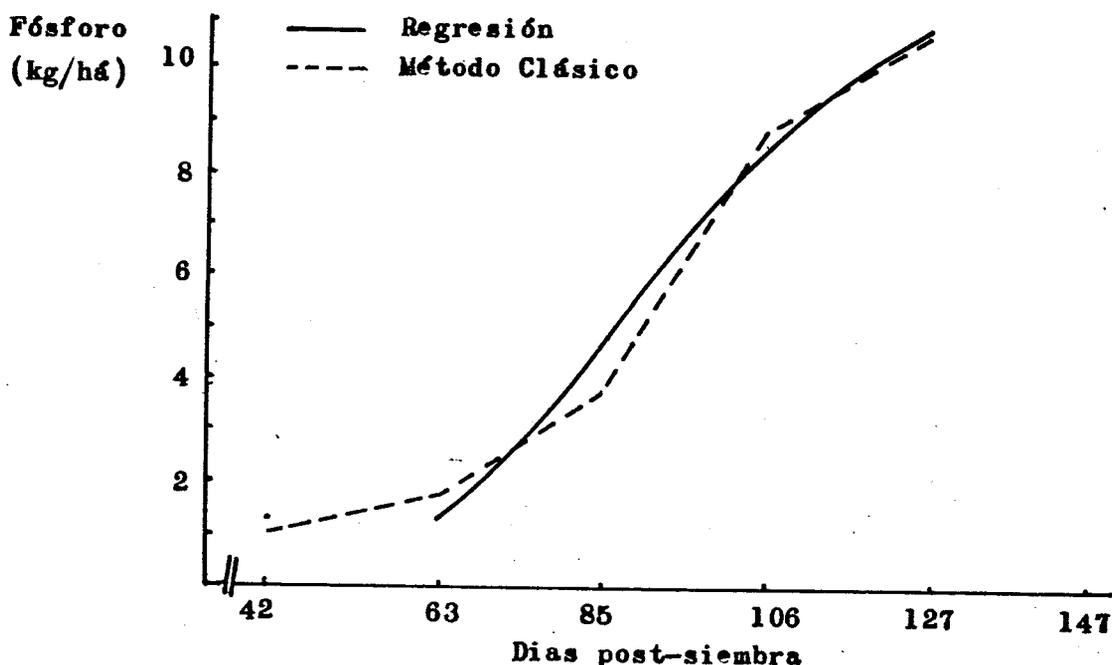
En el cuadro No. 52, se presenta la acumulación de fósforo, expresada en kilogramos por hectárea, en la Mate-

ria seca total, obtenida por el método clásico y por regre  
sión, durante el crecimiento.

Cuadro No. 52 - ACUMULACION DE FOSFORO EN LA MATE -  
RIA SECA TOTAL, DURANTE EL CRECIMIEN  
TO, OBTENIDA POR EL METODO CLASICO  
Y POR REGRESION.

Días post-siembra	42	63	85	106	127
<u>Método:</u>	<u>Kilogramos de fósforo por hectárea</u>				
Clásico	2,020	3,520	7,610	17,630	21,310
Regresión	2,232	2,266	9,361	17,091	21,597

En la gráfica No. 9, se representan comparativamen-  
te, las evoluciones de la acumulación de fósforo en la frac-  
ción total, durante el crecimiento, obtenidas por ambos mé-  
todos de análisis.



Gráfica No.9 Acumulación de Fósforo en la materia se-  
ca total, observada por el Método Clási-  
co y estimada por Regresión.

En cuanto al máximo absoluto de acumulación de fósforo, caben, aquí, las mismas consideraciones hechas al tratar la acumulación de materia seca total. Al no haber datos que mostraran el decrecimiento posterior a los 127 días post-siembra, no es posible su estimación.

En el cuadro No. 53, se presenta el análisis de varianza del modelo.

Cuadro No. 53 - ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO AJUSTADO PARA KILOGRAMOS DE FOSFORO ACUMULADOS EN LA MATERIA SECA TOTAL.

Fuente de Variación	<u>G_L</u>	<u>C_M</u>	<u>F</u>	Nivel de Significación
Total	19			
Error	16	3,91		
Modelo	3	390,28	99,930	**
lineal	1	1109,91	284,180	**
cuadrático	1	2919,00	7,474	*
cúbico	1	3175,00	8,128	*

G l = Grados de Libertad = C M = Cuadrados medios.

b. Tasas de acumulación de fósforo en la materia seca total.

Las tasas diarias de acumulación de fósforo por la materia seca total, obtenidas por el método clásico y por regresión, se observan en el cuadro No. 54.

Se observa una tendencia similar en la evolución de las tasas diarias, obtenidas por ambos métodos.

Cuadro No. 54 - TASAS DE ACUMULACION DE FOSFORO POR LA MATERIA SECA TOTAL, DURANTE EL CRECIMIENTO, OBTENIDAS POR EL METODO CLASICO Y POR REGRESION.

Días post-siembra	53	74	96	117
<u>Método:</u>	<u>Kilogramos de fósforo por hectárea y por día.</u>			
Clásico	0,07143	0,18591	0,47714	0,17524
Regresión	0,03834	0,31421	0,37560	0,21695

La máxima tasa diaria de acumulación de fósforo por la materia seca total, calculada por el método de regresión se dió a los 91 días post-siembra, siendo su valor de 0,382 kilogramos de fósforo por hectárea, mientras que la obtenida por el método clásico, ocurrió entre los 85 y los 106 días post-siembra, alcanzando un valor de 0,47714 kilogramos de fósforo por hectárea.

c. Acumulación de fósforo en la materia seca vegetativa.

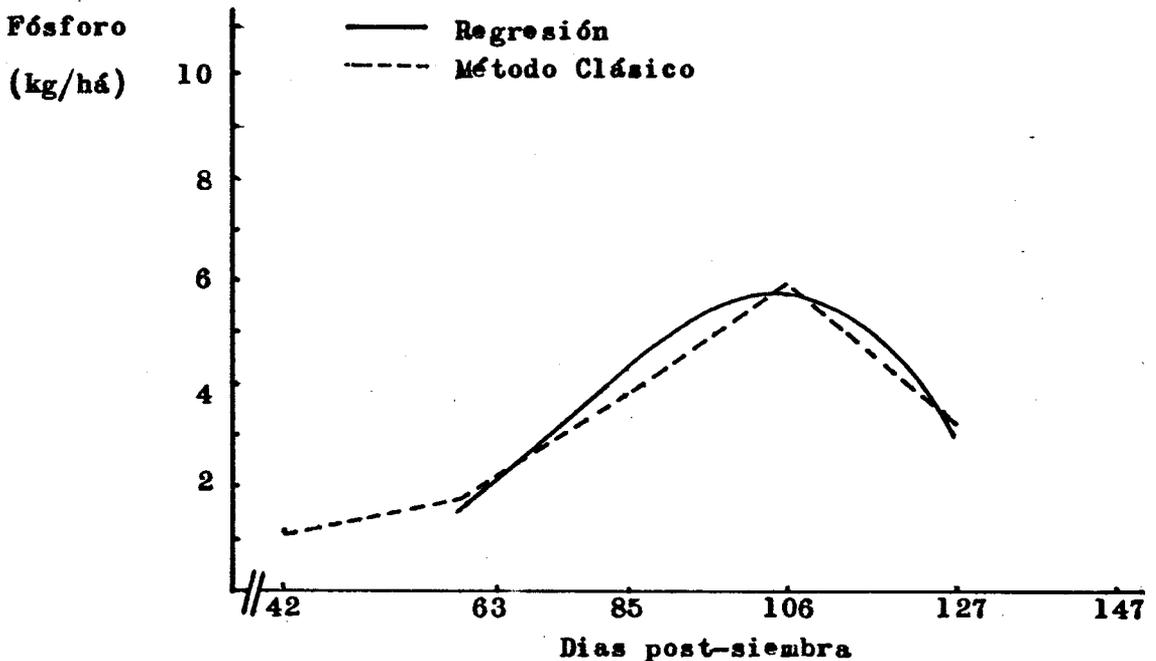
El cuadro No. 55, compara los kilogramos de fósforo acumulados en la fracción vegetativa, durante el crecimiento, obtenidos por el método clásico y por regresión.

En la gráfica No. 10, se presenta la evolución de los kilogramos de fósforo acumulados en la materia seca vegetativa, durante el crecimiento, para el método clásico y el de regresión.

El máximo de acumulación de fósforo en la fracción

Cuadro No. 55 - KILOGRAMOS DE FOSFORO ACUMULADOS EN LA FRACCION VEGETATIVA, DURANTE EL CRECIMIENTO, OBTENIDOS POR EL METODO CLASICO Y POR REGRESION.

Días post-siembra	42	63	85	106	127
Método:	Kilogramos de fósforo por hectárea				
Clásico	2,020	3,520	7,610	11,800	6,530
Regresión	2,114	3,130	8,526	11,477	6,090



Gráfica No.10 Acumulación de Fósforo en la fracción vegetativa, observada por el Método Clásico y estimada por Regresión.

vegetativa, calculado por regresión, ocurre a los 106 días post-siembra, siendo su valor 11,5 kilogramos de fósforo por hectárea. Este máximo, obtenido por el método clásico, ocurre también a los 106 días post-siembra, alcanzando 11,8 kilogramos de fósforo por hectárea.

En el cuadro No. 56, se presenta el análisis de varianza del modelo.

Cuadro No. 56 - ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO AJUSTADO PARA KILOGRAMOS DE FOSFORO ACUMULADOS EN LA FRACCION VEGETATIVA.

Fuente de Variación	<u>G_L</u>	<u>C_M</u>	<u>F</u>	Nivel de Significación
Total	19	2,31		
Error	16	0,89		
Modelo	3	77,85	87,050	**
lineal	1	120,70	134,959	**
cuadrático	1	53,55	59,873	**
cúbico	1	59,31	66,321	**

G L = Grados de Libertad = C M = Cuadrados medios.

d. Tasas de acumulación de fósforo en la materia seca vegetativa.

En el cuadro No. 57, se comparan las tasas diarias de acumulación de fósforo en la materia seca vegetativa, calculadas para el método clásico y regresión.

Se observa una tendencia similar en la evolución de las tasas diarias calculadas por ambos métodos.

Cuadro No. 57 - TASAS DE ACUMULACION DE FOSFORO POR LA MATERIA SECA VEGETATIVA, DURANTE EL CRECIMIENTO, OBTENIDAS POR EL ME TODO CLASICO Y POR REGRESION.

Días post-siembra	53	74	96	117
<u>Método:</u>	Kilogramos de fósforo por hectárea y por día.			
Clásico	0,07143	0,18591	0,19952	-0,25095
Regresión	0,06866	0,25881	0,14696	-0,25670

La máxima tasa de acumulación de fósforo en la fracción vegetativa, obtenida por ajuste, se dió a los 77 días post-siembra, alcanzando 0,262 kilogramos por hectárea y por día. Para el método clásico, alcanzó un valor cercano a 0,200 kilogramos por hectárea y por día, entre los 85 y 106 días post-siembra.

En síntesis, los datos provenientes de los dos sistemas de análisis, son coincidentes. Los valores máximos, son similares en cantidad y ocurren en forma cercana en el tiempo.

Las tendencias de las tasas diarias calculadas por los dos sistemas, son similares. Las diferencias observadas entre las tasas diarias de los dos sistemas, son debidas fundamentalmente a su forma de cálculo. El método clásico, supone tasas constantes entre dos muestreos sucesivos, lo que gráficamente significa una recta entre estos dos puntos. El método de regresión múltiple, permite calcular la variación diaria de las tasas, por lo que no necesariamen-

te su representación gráfica, coincide con una recta. Biológicamente esto último es más lógico, permitiendo además, una mejor caracterización de las tasas máximas.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

## V.- RESUMEN Y CONCLUSIONES.

El objetivo del presente trabajo, fue caracterizar el crecimiento del cultivo de soja, a través de la producción de materia seca y acumulación de fósforo, y obtener información complementaria sobre los efectos que la aplicación y localización del fertilizante fosfatado tienen sobre la acumulación de materia seca y nutrientes.

El ensayo se realizó con la variedad Lee 74, entre los meses de Noviembre de 1979 y Mayo de 1980, en la Estación Experimental A. Backhaus, de la Facultad de Agronomía de Montevideo, sobre un Brunosol Subéutrico Típico (L) (DSF), con un nivel de fósforo disponible de 14 partes por millón.

El diseño experimental consistió en la combinación factorial completa de 3 dosis de fósforo aplicadas al voleo (0, 40 y 80 kilogramos de  $P_2O_5$  por hectárea), y 3 dosis de fósforo aplicadas en bandas debajo y al costado de la semilla (0, 20 y 40 kilogramos de  $P_2O_5$  por hectárea), en forma de superfosfato de calcio (0-21-23-0). Estos nueve tratamientos se agruparon como parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela principal correspondió a la banda, mientras que la sub-parcela al voleo.

Los muestreos realizados durante el ciclo, fueron tendientes a observar crecimiento, nivel nutricional, rendimiento en grano y composición química. Para caracterizar el crecimiento, se realizaron cortes cada 20 días, sin in-

cluír hojas caídas, a partir de los 40 días post-siembra. Se recolectaron los folíolos de las hojas recientemente maduras, en la mitad de la floración del cultivo, para caracterizar el nivel nutricional. La cosecha se realizó el 6 de Mayo de 1980, extrayendo todo el material manualmente.

En todas las muestras se determinó el peso seco total y el de sus componentes. Además, se determinó el fósfero total. El nitrógeno total se determinó sólo en folíolos y grano.

En todas las muestras y en cada fracción, se calculó la cantidad de fósforo acumulado.

Finalmente, se determinaron el rendimiento en grano y peso de las mil semillas de cada parcela.

Los análisis estadísticos incluyeron: análisis de varianza, cálculo de diferencias mínimas significativas y análisis por correlación y regresión.

Las principales conclusiones obtenidas fueron:

1o.) El agregado y la localización del fósforo, no causaron respuestas significativas en el rendimiento de grano. El nivel de fósforo disponible del suelo de este ensayo, (14 ppm), estaría vinculado a esta falta de respuesta. Sin embargo, se observó una tendencia decreciente, no significativa, del rendimiento en grano, similar en ambas localizaciones, en la medida que aumentó el nivel de fertilización. La misma tendencia se observó en el peso de las mil semillas, pero solamente para la fertilización en bandas.

2o.) La concentración de fósforo en el grano, aumen

tó con el agregado de fósforo. Esto no ocurrió con la concentración de nitrógeno.

3o.) La acumulación de nitrógeno y fósforo por el grano, no fue afectada ni por la fertilización ni por la localización. Este resultado podría deberse a las respuestas opuestas que presentaron el rendimiento en grano y la concentración de fósforo en el mismo, a la fertilización.

4o.) La acumulación de materia seca total se caracterizó por realizarse a tasas diarias crecientes hasta el llenado del grano, donde alcanzó un máximo de 138 kilogramos por hectárea. A partir de ese momento, la tasa diaria decreció por crecimiento reducido y caída de hojas. El máximo acumulado de materia seca total se dió a los 127 días post-siembra, siendo su valor de 8.170 kilogramos por hectárea.

La fracción vegetativa se acumuló también, a tasas diarias crecientes, alcanzando 90 kilogramos por hectárea como máximo, al inicio de la floración. A partir de ese momento, la tasa diaria disminuyó por traslocación, crecimiento reducido y caída de hojas. Finalmente la misma se volvió negativa como consecuencia de la traslocación y la caída de hojas. La materia seca vegetativa, alcanzó un máximo de 5.337 kilogramos por hectárea a los 106 días post-siembra, luego decreció debido a la traslocación y caída de hojas. A la floración, la fracción vegetativa, acumuló el 49 por ciento de la máxima materia seca total.

La fracción reproductiva, se acumuló a tasas diarias crecientes, hasta los 117 días post-siembra, donde alcan-

zó un máximo de 110 kilogramos por hectárea, para luego de crecer hasta el fin de la estación de crecimiento. La materia seca acumulada fue máxima a los 147 días post-siembra, alcanzando 4.634 kilogramos por hectárea.

5e.) La fertilización en bandas, aceleró la acumulación de materia seca, en forma no significativa, temprano en la estación de crecimiento. Este efecto se acentuó en la medida que la dosis agregada fue mayor.

En ambas localizaciones, se observó un máximo de acumulación de materia seca vegetativa mayor y anterior en el tiempo, que descendió luego, a tasas diarias mayores, en la medida que la fertilización fue mayor. Este descenso ocurrió a los 100 días post-siembra, indicaría una menor duración del área foliar para estos tratamientos y como resultante una menor producción de materia seca traslocable hacia el grano. Esto estaría corroborado por la mayor cantidad de materia seca reproductiva y total acumulada a los 127 días post siembra, y por el mayor rendimiento en grano del promedio de los tratamientos que no recibieron fertilización frente al promedio de los que la recibieron.

6o.) La concentración de fósforo en la materia seca total y vegetativa, partió de valores altos al inicio de la estación de crecimiento (0,23 por ciento), para descender hasta los 60 días post-siembra (0,18 por ciento), debido a una mayor acumulación de materia seca en relación a la de fósforo. A partir del momento en que el cultivo alcanza su máxima tasa de crecimiento, el porcentaje de fósforo en la fracción total se incrementó continuamente hasta la madurez

(0,26 por ciento), mientras que el porcentaje de fósforo en la fracción vegetativa aumentó hasta los 106 días post-siembra (0,22 por ciento), decreciendo luego, como consecuencia de la traslocación (0,15 por ciento).

El porcentaje de fósforo de la fracción reproductiva aumentó continuamente hasta la madurez, debido a la traslocación del nutriente desde otras partes de la planta y a la absorción directa desde el suelo.

7o.) La fertilización al voleo produjo, relativamente, a partir de la floración, un incremento en la concentración de fósforo en todas las fracciones de la planta, debido a una mayor absorción del nutriente por la misma. Como esta mayor absorción no se tradujo en mayor rendimiento en grano, se la puede considerar como consumo de lujo.

8o.) La acumulación de fósforo en la materia seca total se dió a tasas diarias crecientes, hasta alcanzar un máximo de 0,47 kilogramos por hectárea a los 96 días post-siembra, luego decreció hasta el final de la estación. El máximo acumulado se dió a los 127 días post-siembra, con un valor de 21,3 kilogramos por hectárea.

El fósforo en la fracción vegetativa, se acumuló a tasas diarias crecientes hasta los 74 a 96 días post-siembra, donde alcanzó un máximo cercano a los 0,200 kilogramos por hectárea. Luego decreció rápidamente hasta alcanzar valores negativos a los 117 días post-siembra. La máxima acumulación ocurrió a los 106 días post-siembra, siendo su valor de 11,8 kilogramos por hectárea. Luego decrece como consecuencia de la caída de hojas y la traslocación.

La fracción reproductiva, acumuló fósforo a tasas diarias crecientes, alcanzando a los 117 días post-siembra un valor máximo de 0,42 kilogramos por hectárea. De aquí en más decrece hasta la madurez. La acumulación es continua hasta alcanzar a los 127 días post-siembra, un valor de 19,77 kilogramos por hectárea.

9o.) La aplicación de fósforo al voleo, causó incrementos significativos en la acumulación de fósforo por todas las fracciones de la planta de soja al inicio del llenado del grano. Esto no se verificó a los 127 días post-siembra.

10o.) Considerando el cultivo de soja integrado en una rotación agrícola, y dada su falta de respuesta a la fertilización fosfatada en forma directa, a altos niveles de fósforo disponible en el suelo, se puede concluir que sería ventajoso llevar y mantener el suelo a niveles medios de fósforo disponible, fertilizando solo aquellos cultivos de mayor respuesta en la rotación.

11o.) La utilización de un modelo matemático de la forma:  $y = a + bt + ct^2 + dt^3$ , donde a, b, c, y d son constantes y t es el tiempo en días desde la siembra, para representar la acumulación de materia seca y fósforo, resultó ser satisfactoria y por lo tanto recomendable en la descripción del crecimiento de soja. Sin embargo, sería deseable intentar nuevos ajustes con otros modelos que permitan establecer comparaciones con el empleado y ahondar más en el análisis de crecimiento de soja.

L I T E R A T U R A   C I T A D A

VI.- LITERATURA CITADA

1. ASUAGA, A., MULLIN, L. y PARDIÑAS, Y. Efecto de los factores variedad y nutrición fosfatada sobre la producción de Soja en el Sureste del Departamento de Rivera. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1981. 216 p.
2. BARBER, S.A. Growth and nutrient uptake of soybean roots under field conditions. *Agronomy Journal* 70(3):457-462.
3. BATAGLIA, O.C. et al. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em soja, cultivar Santa Rosa. *Bragantia* (Brasil) 35(21):237-247. 1976.
4. \_\_\_\_\_ e MASCARENHAS, H.A.A. Absorção de nutrientes pela soja em latosolo roxo sob vegetação do cerrado. Brasil. Secretaria da Agricultura do Estado de Sao Paulo. Instituto Agronomico de Campinas. Boletim Técnico no. 41. 1977. 36 p.
5. BHANGOO, M.S. and ALBRITTON, D.J. Effect of fertilizer nitrogen, phosphorus and potassium on yield and nutrient content of Lee Soybean. *Agronomy Journal* 64(6):743-746. 1972.
6. BOSWELL, F.C. and ANDERSON, D.E. Long-term residual fertility and current N-P-K application effects on soybeans. *Agronomy Journal* 68(2):315-319. 1976.
7. BUREAU, M.F., MEDERSKI, H.J. and EVANS, C.E. The effect of phosphatic fertilizer material and soil phosphorus level on the yield and phosphorus uptake of soybeans. *Agronomy Journal* 45(4):150-154. 1953.
8. BUTTERY, B.R. Analysis of the growth of soybeans as affected by plant population and fertilizer. *Canadian Journal of Plant Science* 49:675-684. 1969.

9. CAVINESS, C.E., and HARDY, G.W. Response of six diverse gelines of soybeans to different levels of soil fertility. *Agronomy Journal* 62(2):236-239. 1970.
10. DE MOOY, J.C. and PESEK, J. Growth and yield of soybeans lines in relation to phosphorus toxicity and phosphorus, potassium and calcium requirements. *Crop Science* 9(2):130-134. 1969.
11. \_\_\_\_\_. YOUNG, J.L. and KAAP, J.D. Comparative response of soybeans and corn to phosphorus and potassium. *Agronomy Journal* 65(6):851-855. 1973.
12. DEWIS, J. and FREITAS, F. Physical and chemical method of soil and water analysis. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Soils Bulletin no. 10.* 1973. pp. 33-36.
13. EGLY, D.B. and LEGGETT, J.E. Dry matter accumulation patterns in determinate and indeterminate soybeans. *Crop Science* 13(2):220-222. 1973.
14. GUPTA, B.S. et al. Forage potential of soybean strow. *Agronomy Journal* 65(4):538-541. 1973.
15. HAM, G.E. et al. Influence of fertilizer placement on yield response of soybeans. *Agronomy Journal* 65(1):81-84. 1973.
16. HANSON, R.G. Effect upon soybean cultivar Bragg, when P is band-concentrated upon variable soil available P. *Agronomy Journal* 71(2):267-272. 1979.
17. HANWAY, J.J. and WEBER, C.R. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. *Agronomy Journal* 63(2):227-230. 1971a.
18. \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. Dry matter accumulation in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants as influenced by N, P and K fertilization. *Agronomy Journal* 63(2):263-266. 1971b.

19. \_\_\_\_\_ . and \_\_\_\_\_ . N, P and K percentages in soybean (Glycine max (L.) Merrill) plants parts. Agronomy Journal 63(2):286-290. 1971c.
20. \_\_\_\_\_ . and \_\_\_\_\_ . Accumulation of N, P and K by soybean (Glycine max (L.) Merrill) plants. Agronomy Journal 63(3):406-408. 1971d.
21. HENDERSON, J.B. and KAMPATH, E.J. Nutrient and dry matter accumulation by soybeans. North Carolina Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin no. 197. 1970. pp. 4-5, 8-9, 14-17, 22-27.
22. JONES, G.D. and LUTZ JUNIOR, J.A. Yield of wheat and soybeans and oil and protein content of soybean as affected by fertility treatments and deep placement of limestone. Agronomy Journal 63(6):931-934. 1958.
23. \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ . and SMITH, T.J. Effects of phosphorus and potassium on soybean nodules and seed yield. Agronomy Journal 69(6):1003-1006. 1977.
24. KALTON, R.R., WEBER, C.R. and ELDREDGE, J.C. The effect of injury simulating hail damage to soybeans. Iowa Agricultural Experiment Station. Research Bulletin no. 359. 1949. pp. 733-796.
25. KAMPATH, E.J. and MILLER, E.V. Soybeans yields as a function of the soil phosphorus level. Soil Science Society of America Proceedings 22(4):317-319. 1958.
26. KASPAR, T.C., STANLEY, C.D. and TAYLOR, H.M. Soybean root growth during the reproductive stages of development. Agronomy Journal 70(6):1105-1107. 1978.
27. KOLLER, H.R., NYQUIST, W.E. and CHORUSH, I.S. Growth analysis of the soybean community. Crop Science 10(4):407-412. 1970.

28. KOLLMAN, G.E. et al. Accumulation and distribution of mineral nutrients, carbohydrates and dry matter in soybean plants as influenced by reproductive sink size. *Agronomy Journal* 66(4):549-557. 1974.
29. LITTLE, T.M. y HILLS, F.J. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México, Trillas, 1976. pp. 87-94.
30. MASCARENHAS, H.A.A. Acúmulo de matéria seca, absorcao e distribuição de elementos, durante o ciclo vegetativo da soja. Brasil. Secretaria da Agricultura do Estado de Sao Paulo. Instituto Agronómico de Campinas. Boletim Técnico no. 6. 1973. pp. 1-11, 15-23.
31. \_\_\_\_\_ . et al. Efecto residual de adubação na produção da soja. Brasil. Secretaria da Agricultura do Estado de Sao Paulo. Instituto Agronómico de Campinas. Boletim Técnico no. 24. 1975. 13 p.
32. OHLROGGE, A.J. Mineral nutrition of soybeans. *Advances in Agronomy* 12:229-268. 1960.
33. \_\_\_\_\_ . and KAMPRATH, E.J. Fertilizer use on soybeans. In Dinauer, R.C., ed. *Changing patterns in fertilizer use*. 2ed. Madison, Wis., Soil Science Society of America, 1969. pp. 273-295.
34. RADFORD, P.J. Growth analysis formulae; their use and abuse. *Crop Science* 7(3):171-175. 1967.
35. SHIBLES, R.M. and WEBER, C.R. Leaf area solar radiation interception and dry matter production by soybeans. *Crop Science* 5:575-577. 1965.
36. SINGH, N.P. and SAXENA, M.C. Phosphorus fertilization of soybean. *Indian Journal of Agricultural Science* 43(10):925-929. 1973.
37. SMALL JUNIOR, H.G. and OHLROGGE, A.J. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanuts.

- In Walch, L.M. and Beaton, J.D., ed. Soil testing and plant analysis. 4ed. Madison, Wis., Soil Science Society of America, 1980. pp. 315-322.
38. TISDALE, S.L. and NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. 3ed. New York, Mc Millan, 1975. 694 p.