

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL**



TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACION DE DOSIS DE FOSFORO Y POTASIO EN EL CULTIVO DE LA SOYA
(*Glycine max* (L) Merr.), VARIEDAD CEA-CH-86. SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO Y
RENDIMIENTO Y SU ANALISIS ECONOMICO**

AUTORES

Br. Erick Francisco Bonilla Narvárez

Bra. Amalia Brenes Hernández

ASESOR

Ing. MSc. NESTOR ALLAN ALVARADO DIAZ

MANAGUA, NICARAGUA – ABRIL DEL 2004

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL**



TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACION DE DOSIS DE FOSFORO Y POTASIO EN EL CULTIVO DE LA SOYA
(*Glycine max* (L) Merr.), VARIEDAD CEA-CH-86. SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO Y
RENDIMIENTO Y SU ANALISIS ECONOMICO**

AUTOR

Br. Erick Francisco Bonilla Narváez

Bra. Amalia Brenes Hernández

ASESOR

Ing. MSc. NESTOR ALLAN ALVARADO DIAZ

**Presentado a la consideración del honorable tribunal examinador como requisito final para optar
al grado de Ingeniero Agrónomo con orientación en Producción Vegetal**

MANAGUA, NICARAGUA – ABRIL DEL 2004

INDICE GENERAL

<u>Sección</u>	<u>Página</u>
INDICE GENERAL	i
INDICE DE TABLAS	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCION	1
II. MATERIALES Y METODOS	3
2.1 Descripción del lugar y experimento	3
2.1.1 Clima	3
2.1.2 Suelo	4
2.1.3 Descripción del diseño experimental	4
2.1.4 Variables evaluadas	6
2.1.5 Análisis económico	7
2.2 Manejo Agronómico	9
III. RESULTADOS Y DISCUSION	10
3.1 Efecto de dosis de fósforos y potasio sobre el crecimiento del cultivo de la soya	10
3.1.1 Altura de planta	10
3.1.2 Diámetro del tallo	11
3.1.3 Número de hojas por planta	12
3.2 Efecto de dosis de fósforos y potasio sobre el rendimiento y sus principales componentes	14
3.2.1 Altura de inserción de la primera vaina	14
3.2.2 Número de vainas por planta	14
3.2.3 Número de semillas por vaina	15
3.2.4 Peso de mil granos (g)	16
3.2.5 Rendimiento de grano (kg/ha)	17
3.3 Análisis económico	18
3.3.1 Presupuesto parcial	18
3.3.2 Análisis de dominancia	19
3.3.3 Análisis marginal	20
IV. CONCLUSIONES	22
V. RECOMENDACIONES	23
VI. LITERATURA CITADA	24

INDICE DE TABLAS

<u>Tabla N°</u>		<u>Página</u>
1.	Propiedades químicas del suelo. Finca La Concepción, Nagarote.	4
2.	Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo. Finca La Concepción, Nagarote, León. Postrera de 2003.	6
3.	Efecto de dosis de fósforo y potasio sobre la altura de plantas (cm) de soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Postrera del 2003.	11
4.	Efecto de dosis de fósforo y potasio sobre el diámetro del tallo (cm) en el cultivo de la soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Postrera del 2003.	12
5.	Efecto de diferentes dosis de fósforo y potasio sobre el número de hojas por planta de soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Postrera del 2003.	13
6.	Efecto de dosis de fósforo y potasio sobre: altura de inserción de la primera vaina, número de vainas / planta, y número de semillas / vaina en el cultivo de la soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Postrera del 2003.	16
7.	Efecto de dosis de fósforo y potasio sobre el peso de 1000 granos y rendimiento de granos en el cultivo de la soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Época de Postrera del 2003.	18
8.	Presupuesto parcial de los tratamientos dosis de fósforo y potasio en el cultivo de la soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Época de Postrera del 2003.	19
9.	Análisis de dominancia de los tratamientos dosis de fósforo y potasio en el cultivo de la soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Época de Postrera del 2003.	20
10.	Análisis marginal de los tratamientos dosis de fósforo y potasio. Finca La Concepción, Nagarote, León. Época de Postrera del 2003.	21

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de determinar el efecto de diferentes dosis de fósforo y potasio (10 kg/ha de fósforo – 30 kg/ha de potasio; 20 kg/ha de fósforo – 40 kg/ha de potasio; 30 kg/ha de fósforo – 50 kg/ha de potasio; 40 kg/ha de fósforo – 60 kg/ha de potasio) y un tratamiento testigo (sin aplicación de fósforo y potasio) sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de la soya (*Glycine max* (L) Merr.) variedad CEA-CH-86, bajo las condiciones ecológicas de la finca La Concepción, ubicada en el municipio de Nagarote departamento de León. El ensayo se estableció en la siembra de postrera del 2003, utilizándose un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se encontró que los componentes del crecimiento (altura, diámetro y hojas por planta) presentaron diferencias significativas a los 50 y 70 días después de la siembra, y para las variables correspondientes a los componentes del rendimiento y sus principales componentes solamente se encontraron diferencias no significativas para el número de granos por vainas. Los resultados del análisis de varianza indicaron que cuando se aplicó 30 kg/ha de fósforo – 50 kg/ha de potasio se obtuvo el mayor rendimiento (1 930 kg/ha), el mayor beneficio neto (1 361.37 C\$ / ha) y la mas alta tasa de retorno marginal (197.10 por ciento).

I. INTRODUCCION

La Soya (*Glycine max* (L) Merr.) pertenece a la familia de las leguminosas. El grano de este cultivo es apreciado por su alto contenido de aceite (25 a 32 por ciento de su peso), además de hierro y vitaminas. El suministro mundial de grasa y aceite proviene de la soya y supera a cualquier otra fuente vegetal o animal (García, 1997).

A nivel mundial, la soya posee un área de siembra de 58.3 millones de ha, con una producción total de 107.3 millones de toneladas métricas. Este cultivo puede representar un elemento indispensable en la lucha contra la desnutrición de la población rural y de los países subdesarrollados. Esto se traduce como rica fuente de proteínas mediante la elaboración de productos fácilmente adaptables y que gusten a estos núcleos de población o que puedan agregarse como complemento de sus alimentos tradicionales (Barahona & Gago, 1996).

En Nicaragua, la soya viene a sustituir a la fuente tradicional de extracción de aceite que ha sido la semilla de algodón (*Gossypium hirsutum* L), la cual garantizaba alrededor del 60 por ciento de la demanda de aceite para consumo humano. La sustitución masiva de la semilla de algodón por la soya se inicia en el año 1986 con la siembra de 7 000 ha, surgiendo como una respuesta al déficit de aceite comestible generado por la reducción del área de siembra del cultivo del algodón (MAG, 1993).

En los últimos cinco años, la producción del cultivo de la soya ha oscilado entre los 600-1000 kg/ha. Estos rendimientos son bajos en comparación con el potencial genético de las variedades, el cual se reporta hasta de 1932.80 kg/ha (APENN, 1999).

En la actualidad, los bajos rendimientos del cultivo en estudio se deben entre otros problemas a un mal manejo de los componentes del sistema de producción, pudiéndose mencionar entre otros: La preparación de suelo, variedad utilizada, control de plagas y enfermedades, densidad de siembra, control de las malezas y la fertilización química. Estos mismo, si carecen de una tecnología no adecuada, son una limitante en la producción del rendimiento de grano (Alvarado, 2001. Comunicación personal).

Con respecto a la fertilización química, ésta ha sido reconocida como uno de los componentes del sistema que más contribuye a elevar la producción en los cultivos, ya que un mal manejo de la misma da como resultado una disminución drástica en el crecimiento y desarrollo del cultivo, conllevando con esto a una reducción significativa en el rendimiento. En este sentido, una de las formas de poder elevar los rendimientos del cultivo de la soya es por medio del buen manejo que se le dé a la fertilización.

Estos macro elementos son elementos clave en el establecimiento y la productividad del cultivo de la soya, ya que la planta requiere de fósforo para la fotosíntesis, almacenamiento de energía, división celular, producción de carbohidratos, síntesis de proteína, desarrollo e inicio del crecimiento de raíces y fijación del nitrógeno atmosférico. El potasio juega un papel similar al fósforo, pero además, mejora la tolerancia del cultivo a la sequía y minimiza la susceptibilidad a las enfermedades. El fósforo y el potasio en cantidades suficientes disponibles en el suelo, harán que las plantas realicen una mejor extracción de ellos, conllevando con esto, a un mejor crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo (Alvarado, 2000).

Lo anterior motiva la necesidad de realizar la presente investigación, la cual persigue los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de dosis de fósforo y potasio sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de la soya.
- Determinar la mejor dosis de fósforo y potasio que conlleve a la mejor rentabilidad económica en función del análisis económico.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción del lugar y experimento

2.1.1. Clima

El ensayo se realizó en los terrenos de la finca La Concepción, Nagarote, ubicada en el departamento de León. La finca se encuentra localizada en las coordenadas 12° 30' latitud Norte y 86° 30' longitud Oeste, a una altura de 60 m.s.n.m. La zonificación ecológica (Holdridge, 1982), es del tipo de bosque seco. El ensayo se estableció en la época de postrera del 2003 (del 23 de agosto al 15 de diciembre). Las condiciones climáticas acaecidas durante el período del ensayo se presentan en la figura 1.

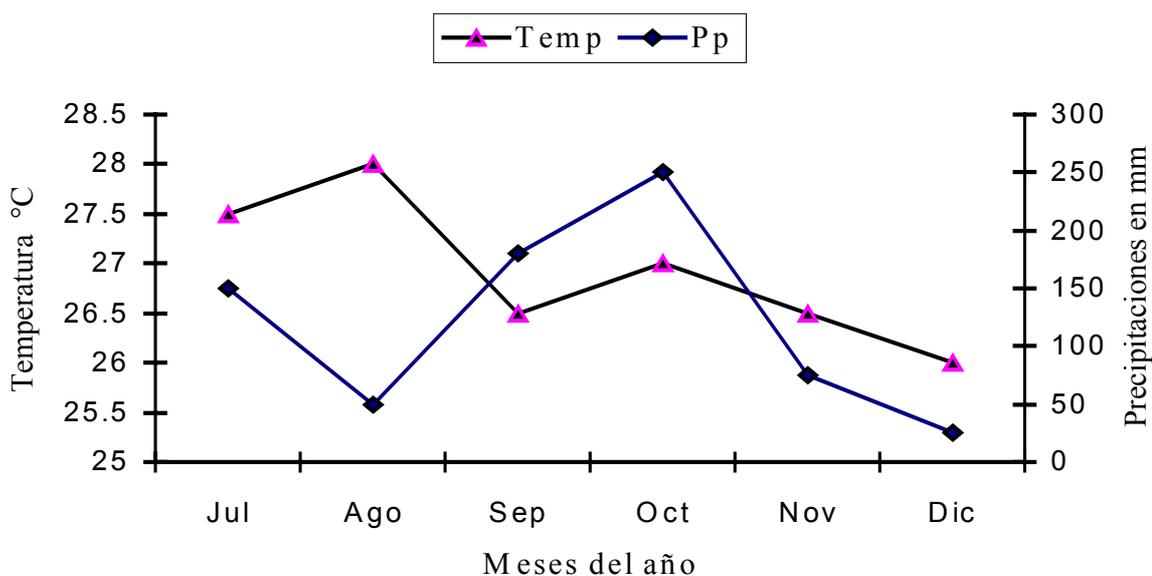


Figura 1. Climatograma de la finca La Concepción, Nagarote, León. Época de postrera del 2003.

2.1.2. Suelo

El suelo donde se estableció el ensayo pertenece a la serie Nagarote y se caracteriza por ser profundo a moderadamente superficial, bien drenado y derivado de ceniza volcánica reciente (MAG, 1971). Las propiedades químicas del mismo se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Propiedades químicas del suelo. Finca La Concepción, Nagarote.

Propiedades químicas					
pH (H ₂ O)	M.O. (%)	N total (%)	P (ppm)	K (meq/100g)	Densidad aparente
6.8	1.04	0.05	7.10	0.052	1.1 gr / cm ³

Fuente: Laboratorio Químico (LAQUISA), 2001.

2.1.3. Descripción del diseño experimental

El experimento se estableció utilizando un diseño unifactorial en bloques completos al azar (B.C.A.), con cuatro repeticiones. Las dimensiones del ensayo fueron las siguientes:

a) Área de la parcela útil	5 m	x	3.0 m	=	15.0 m ²
b) Área de parcela experimental	6 m	x	4.8 m	=	28.8 m ²
c) Área del bloque	6 m	x	24.0 m	=	144.0 m ²
d) Área entre bloque	3 m*	x	24.0 m ²	=	72.0 m ²
e) Área total 4 bloques	4 bloques	x	144.0 m ²	=	656.0 m ²
e) Área total del experimento	656 m ²	+	72.0 m ²	=	728.0 m ²

*Distancia entre bloques = 1m + 1m + 1m

Para constituir los tratamientos se tomo en cuenta el análisis químico del suelo. Según el INTA (1998), el crecimiento y rendimiento de la soya se afecta negativamente cuando los niveles de fósforo y potasio en el suelo están por debajo de 10 ppm de fósforo y 0.10 meq de potasio /100 g de suelo. Partiendo de este criterio, se determinó la dosis de fósforo y potasio, tal como se muestra a continuación:

Determinación de la dosis de fósforo :

1ppm es igual a 4.5 kg de fósforo / ha

1 ppm =====> 4.5 kg de fósforo / ha

7.10 ppm ===== > X = 32 kg de fósforo / ha (suministro del suelo)

Para determinar la dosis se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis de fósforo} = \frac{\text{Demanda del cultivo} - \text{suministro de fósforo en el suelo}}{\text{Eficiencia del fertilizante por el cultivo}} \times 100$$

$$\text{Dosis de fósforo} = \frac{36 \text{ kg de fósforo / ha} - 32 \text{ kg de fósforo / ha}}{40} \times 100 = 10 \text{ kg/ha}$$

Dosis de fósforo = 10 kg / ha

Determinación de la dosis de potasio:

1meq es igual a 780 kg de potasio / ha

1meq de K =====> 780 kg de potasio / ha

0.052 meq K ===== > X = 40.5 kg potasio / ha (suministro del suelo)

Para determinar la dosis se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis de potasio} = \frac{\text{Demanda del cultivo} - \text{suministro de potasio en el suelo}}{\text{Eficiencia del fertilizante por el cultivo}} \times 100$$

$$\text{Dosis de potasio} = \frac{53 \text{ kg de potasio / ha} - 40.5 \text{ kg de potasio / ha}}{41} \times 100 = 30.3 \text{ kg/ha}$$

Dosis de potasio = 30.3 kg / ha

Partiendo de la dosis determinada de fósforo y potasio, se formaron los tratamientos variando a discreción las dosis de fósforo y potasio, tal como se describen en la tabla 2.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo. Finca La Concepción, Nagarote, León. Postrera de 2003.

Tratamientos	Descripción
A	Testigo (sin aplicación de fósforo y potasio)
B	10 kg/ha de fósforo - 30 kg/ha de potasio
C	20 kg/ha de fósforo - 40 kg/ha de potasio
D	30 kg/ha de fósforo - 50 kg/ha de potasio
E	40 kg/ha de fósforo - 60 kg/ha de potasio

2.1.4. Variables evaluadas

- a) Las variables evaluadas durante el crecimiento del cultivo, se obtuvieron de 10 plantas tomadas al azar en la parcela útil.
 - a.1. Altura de planta: Se midió la altura de la planta desde el nivel de la superficie del suelo hasta la base de la yema terminal del tallo a los 30, 50 y 70 días después de la siembra (dds).
 - a.2. Diámetro del tallo (cm): Se midió en la parte media del tallo a los 30, 50 y 70 dds.
 - a.3. Número de hojas / planta: Se contaron las hojas funcionales de la planta a los 30, 50 y 70 dds.
- b) A la cosecha se registraron las siguientes variables:
 - b.1) Altura (cm) de inserción de la primera vaina: Se midió la altura de inserción de la vaina que estaba más próxima a la superficie del suelo.

- b.2) Número de vainas/planta: Se contó el total de vainas por planta.
- b.3) Número de semillas/vaina: Se contó el total de semillas por vainas.
- b.4) Plantas cosechadas por ha: Se contó el número total de plantas cosechadas en la parcela útil y se expresó en plantas cosechadas/ha.
- b.5) Peso de mil semillas: Se tomaron 1 000 semillas de cada tratamiento, seguidamente se procedió a determinar su peso, ajustándolo al 12 por ciento de humedad.
- b.6) Rendimiento de grano (kg/ha): Una vez realizada la cosecha se determinó el peso de campo del total de plantas cosechadas de la parcela útil, ajustándolo al 12 por ciento de humedad.

Los datos obtenidos de las variables en estudios se evaluaron por medio del análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias por rangos múltiples de Duncan al 95 % de confiabilidad.

2.1.5. Análisis económico

Los resultados de los rendimientos obtenidos en el ensayo se sometieron a un análisis económico, para evaluar la rentabilidad de los tratamientos. Dicho análisis tienen como fin rindar información acerca de cual de los tratamientos es más rentable. La metodología empleada para la realización de este análisis fue a través del presupuesto parcial y el análisis marginal, según la metodología propuesta por el CIMMYT (1988). que a continuación se describe:

- Presupuesto parcial: Organiza los datos del experimento para obtener los costos y beneficios netos de cada uno de los tratamientos, tomando en cuenta los siguientes componentes:

Rendimiento medio (kg/ha): Se toman en cuenta todos los rendimientos medios de los tratamientos que se están evaluando.

Rendimientos ajustados (kg/ha): Se ajusta el rendimiento medio de cada uno de los tratamientos evaluados al 30 %, para reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con los tratamientos.

Beneficios brutos de campo (C\$/ha): El beneficio bruto de campo de cada tratamiento se calcula multiplicando el precio de campo del producto por el rendimiento ajustado.

Precio de campo del producto: El precio de campo del producto se define como el valor que tiene para el agricultor una unidad adicional de producción en el campo, antes de la cosecha. Para calcularlo se toma el precio que el agricultor recibe (o podría recibir) por el producto cuando lo vende y se le restan todos los costos relacionados con la cosecha y venta que son proporcionales al rendimiento, es decir, los costos que se pueden expresar por kilogramo del producto.

Costos que varían (C\$/ha): Los costos que varían son los costos (por ha) relacionados con los insumos comprados, la mano de obra y la maquinaria, que varían de un tratamiento a otro.

Beneficios netos (C\$/ha): Los beneficios netos para cada tratamiento se calcula restando el total de los costos que varían de los beneficios brutos de campo.

- El análisis marginal: El análisis marginal compara los costos que varían con los beneficios netos de cada tratamiento y contempla los siguientes análisis:

Análisis de dominancia: Examina los costos que varían, ordenando los tratamientos de menores a mayores totales de los costos que varían. Se dice que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían mas bajos.

La tasa de retorno marginal: La tasa de retorno marginal revela exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida y se calcula dividiendo los beneficios netos marginales entre los costos marginales expresado en porcentaje.

2.2. Manejo agronómico

La preparación del suelo se llevo acabo a través de un pase de arado de disco a 20 cm de profundidad y dos pases de grada, realizándose el último pase de grada dos días antes de la siembra. La siembra se realizó de forma manual (25 de Agosto del 2003), a una distancia de 0.60 metros entre surcos y depositando 18 semillas por metro lineal.

La variedad estudiada fue la CEA-CH-86, quien presenta las siguientes características: 50 días a floración, hábito de crecimiento determinado, altura de planta: 60-100 cm, altura promedio de inserción de la primera vaina: 18 cm, buena resistencia a la dehiscencia de la vaina, flor de color púrpura, hilo color marrón claro, 80 vainas promedio por planta, y potencial genético de rendimiento de 3 520 kg/ha. Procede de Nicaragua (CECO, 2003)

La fertilización con fósforo y potasio se realizó al momento de la siembra utilizando las dosis descritas de los tratamientos (tabla 2). La semilla se inoculó con cepas de *Rhizobium sp.*, por lo que la fertilización nitrogenada no se realizó.

Para el control de plagas del suelo se aplicó carbofuran (Furadán) al 5 por ciento al momento de la siembra, a razón de 16.3 kg/ha. Se realizaron controles de plagas a los 40 y 65 dds aplicando monocrotofos CS 40 (Nuvacron) a razón de 1.5 l/ha.

El control de las malezas se realizó de forma manual, realizándose tres limpieas con el fin de mantener controladas las malezas durante los primeros 45 días después de la siembra. La cosecha se realizó de forma manual a los 110 días después de la siembra.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Efecto de dosis de fósforo y potasio sobre el crecimiento del cultivo de la soya

3.1.1. Altura de planta

La altura de planta es una variable que nos permite medir el crecimiento del cultivo, y la misma está determinada por diferentes factores, entre ellos, la época de siembra, la variedad utilizada, humedad, temperatura y la fertilidad del suelo; este último es señalado por Bonilla, (1988) como uno de los determinantes en el descenso de la altura de la soya.

En este estudio, las dosis de fósforo y potasio tuvieron efecto sobre la altura de planta. Se encontraron diferencias significativas en las evaluaciones realizadas 50 y 70 días después de la siembra (dds), no así en la evaluación efectuada a los 30 dds (tabla 3). La no significancia encontrada en el muestreo inicial, pudiera deberse a que la soya tuvo un crecimiento lento en los primeros 30 días y el efecto de los tratamientos no se manifestó, por ser una etapa muy temprana del crecimiento. Esto confirma lo planteado por Espinoza & Vanegas (1994), quienes describen que la soya tiene un crecimiento lento durante sus primeros 30 dds, pero después de los 30 dds, el crecimiento se acelera. A los 50 dds la mayor altura la alcanzaron los tratamientos C, D y E (83.1, 82.6 y 84.1 cm respectivamente) sin diferencias significativas entre los mismos y si difiriendo significativamente con el resto de los tratamientos. En segundo lugar quedó el tratamiento B con 62.7, cm de altura; en tercer lugar quedó el tratamiento A (Testigo sin aplicación de fósforo y potasio) con la menor altura (50.5 cm) y difiriendo significativamente con el resto de los tratamientos. Similar comportamiento se obtuvo a los 70 dds.

Estas diferencias de altura encontradas se deben a la respuesta que la soya dio a las dosis de fósforo y potasio aplicados. Estos elementos son de gran importancia en el crecimiento de la planta, ya que participan en la síntesis de proteína y ésta a su vez en la división celular. Basándose en estos resultados, se puede suponer que una disminución del fósforo y potasio disponible en el suelo debe provocar una disminución consecuente en la síntesis de proteína, lo cual provoca a su vez una disminución del tamaño de las células y especialmente en el ritmo de su división celular, afectándose negativamente el crecimiento de la planta.

Estos resultados son corroborados por Johnston (2003), quien afirma que adecuadas cantidades de fósforo y potasio en la planta de la soya aumenta el crecimiento de las raíces, por lo que se aumenta el contacto de éstas con un mayor volumen de suelo, teniendo la planta la posibilidad de tomar mas nutrientes del suelo y por ende aumentar su altura de planta.

Tabla 3. Efecto de dosis de fósforo y potasio sobre la altura de plantas (cm) de soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Postrera del 2003.

Tratamientos	30 dds	50 dds	70 dds
A	25.6 a	50.5 c	65.4 c
B	26.6 a	62.7 b	89.2 b
C	27.0 a	83.1 a	110.8 a
D	26.8 a	82.6 a	105.7 a
E	26.5 a	84.1 a	109.8 a
C.V.(%)	10.25	9.39	8.16
ANDEVA	NS	*	*

3.1.2. Diámetro del tallo

El diámetro del tallo tiene gran importancia para la obtención de altos rendimientos, ya que el acame en la soya se produce como resultado del encorve o la rotura de los tallos, debido a su poco vigor. Las plantas acamadas constituyen un medio favorable para el desarrollo de hongos y enfermedades, lo cual provoca una reducción de los rendimientos del cultivo (Cajina, 2001).

El efecto de las dosis de fósforo y potasio que tuvieron sobre el diámetro del tallo se presentan en la tabla 4. Se observan diferencias significativas en las evaluaciones realizadas 50 y 70 días después de la siembra (dds), no así en la evaluación ejecutada a los 30 dds. Si se analiza el diámetro final a los 70 días después de la siembra, se aprecia que los tratamientos C, D y E alcanzaron los mayores diámetros con 1.18, 1.14 y 1.15 cm respectivamente sin

diferencias significativas entre los mismos y si difiriendo significativamente con el resto de los tratamientos. En segundo lugar quedó el tratamiento B con 1.09 cm de diámetro y el menor diámetro lo obtuvo el tratamiento A (Testigo si aplicación de fósforo y potasio) con 0.94 cm y difiriendo significativamente con el resto de los tratamientos. Es importante comentar que la no significancia encontrada del efecto de las dosis de fósforo y potasio a los 30 dds se debe a que el cultivo tiene un desarrollo muy lento en los primeros 30 días de su etapa de crecimiento, pero después de los 30 dds el crecimiento se acelera, por lo tanto la planta necesita de estos elementos para su crecimiento y desarrollo. Estos resultados confirman lo planteado por Avellaneda *et al.*, (1999) quienes afirman que la soya se caracteriza por presentar niveles críticos de fósforo y potasio, por debajo de los cuales se afecta el diámetro del tallo.

Tabla 4. Efecto de dosis de fósforo y potasio sobre el diámetro del tallo (cm) en el cultivo de la soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Postrera del 2003.

Tratamientos	30 dds	50 dds	70 dds
A	0.40 a	0.67 c	0.94 a
B	0.43 a	0.71 b	1.09 b
C	0.45 a	0.94 a	1.18 a
D	0.46 a.	0.92 a	1.14 a
E	0.41 a	0.93 a	1.15 a
C.V.(%)	9.78	9.89	11.81
ANDEVA	NS	*	*

3.1.3. Número de hojas por planta

Las hojas son los órganos primarios en el proceso de la fotosíntesis, por lo que tienen una relación directamente proporcional en el crecimiento y rendimiento del cultivo. La cantidad de hojas por planta va a estar en dependencia de la variedad, condiciones agroecológicas y el manejo que se le de al cultivo (Sobalvarro & Cruz, 1999).

Los resultados muestran (tabla 5) diferencias significativas entre los tratamientos en las evaluaciones realizadas a los 50 y 70 dds. A los 30 dds el número de hojas / planta se mantuvo entre 13 y 14 hojas y sin diferencias significativas entre los tratamientos. La no significancia encontrada a los 30 dds se debe a que en este período el crecimiento del cultivo es lento y es a partir de los 30 dds en que se acelera, conllevando a mayor número de hojas / planta. A los 50 dds el mayor número de hojas por planta lo alcanzaron los tratamientos C, D y E (41 y 40 hojas por planta respectivamente) sin diferencias significativas entre los mismos y si difiriendo significativamente con el resto de los tratamientos. En segundo lugar quedó el tratamiento B con 33 hojas por planta; en tercer lugar quedó el tratamiento A (Testigo si aplicación de fósforo y potasio) con el menor número de hojas por planta (25) y difiriendo significativamente con el resto de los tratamientos. Similar comportamiento se obtuvo a los 70 dds. La respuesta del cultivo a la fertilización con fósforo y potasio para esta variable es evidente, ya que la soya demandó estos nutrientes para alcanzar un óptimo crecimiento, que conllevó a desarrollar al cultivo la mayor cantidad de hojas posibles, las cuales interceptaron eficientemente toda la radiación solar incidente y maximizaron la tasa de acumulación de materia seca. Estos resultados son confirmados por Melgar & Lavendera (1999) quienes realizaron ensayos de fertilización en soya, y encontraron que con aplicaciones de 30 kg / ha de fósforo y 50 kg /ha de potasio el cultivo desarrollo el mayor número de hojas por planta.

Tabla 5. Efecto de diferentes dosis de fósforo y potasio sobre el número de hojas por planta de soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Postrera del 2003.

Tratamientos	30 dds	50 dds	70 dds
A	13 a	25 a	40 c
B	14 a	33 b	38 .b
C	14 a	41 a	46 a
D	13 a	40 a	44 a
E	14 a	40 a	44 a
C.V.(%)	8.4	9.0	9.7
ANDEVA	NS	*	*

3.2. Efecto de dosis de fósforo y potasio sobre el rendimiento y sus principales componentes

3.2.1. Altura de inserción de la primera vaina

La altura de inserción de la primera vaina está asociada con la altura de planta y es de primordial importancia para la mecanización de la cosecha, ya que si la inserción de la primera vaina es muy baja la cosechadora no la recolecta y se pierde gran cantidad de grano (Blandón 1988).

En la tabla 6 se presentan los resultados del análisis de varianza y separación de medias para la variable altura de inserción en cm de la primera vaina. Se puede observar que los tratamientos C, D y E desarrollaron la mayor altura de inserción (20.3, 19.5 y 21.7 cm) sin diferencias significativas entre ellos y difiriendo estadísticamente con el resto de los tratamientos. En segundo lugar quedó el tratamiento B (15.5 cm de altura de inserción), el cual difirió significativamente con el resto de los tratamientos. En tercer lugar y último lugar quedó el tratamiento A (10.4 cm de altura de inserción). El comportamiento de ésta variable tiene una dependencia directamente proporcional a la altura de planta. En aquellos tratamientos que por efecto de las dosis de fósforo y potasio incrementaron su altura de planta, también incrementaron la altura de inserción de la primera vaina. -

Sánchez & Lizondo (1999), en un estudio de respuesta de la soya a la fertilización fosfatada, corroboran estos resultados, ya que ellos encontraron que la altura de la primera vaina, se incrementó con aplicar dosis de 30, 40 y 60 kg de fósforo / ha.

3.2.2 Número de vainas por planta

La producción y la calidad de vainas por planta en la soya está influenciada por algunos factores como variedad, tipo de suelo, fertilización y condiciones ambientales; cuando se presentan sequías o excesos de lluvia se produce un estrés en el desarrollo de la planta lo cual influye significativamente en el desarrollo y calidad de la vaina (Cajina, 2001).

Los resultados estadísticos para esta variable se presentan en la tabla 6. En primer lugar están los tratamientos C, D y E (45 y 44 vainas / planta respectivamente). En segundo lugar quedo el tratamiento B (33 vainas / planta) y en tercer lugar quedo el tratamiento A con 25 vainas / planta. Las diferencias encontradas entre los tratamientos se deben a la respuesta que dio el cultivo a las dosis de fósforo y potasio aplicadas.

Con estos resultados se demuestra que las aplicaciones fósforo y potasio al suelo fueron determinantes en el desarrollo y calidad de las vainas, ya que estos elementos son determinantes para la formación de proteínas y carbohidratos esenciales en la conformación de la vaina y grano. El número de vainas por planta en el cultivo de la soya, está estrechamente asociado con el rendimiento y puede disminuir por efecto de un mal manejo de la fertilización con P y K en el suelo (Eiszner, 1992. Comunicación personal).

3.2.3 Número de semillas por vainas

Rosas & Young (1996) afirman que en el cultivo de la soya, el número de semillas por vaina es una característica genética propia de cada variedad y puede ser influenciada por factores ambientales y del manejo que se le dé al cultivo.

En cuanto a la influencia de las dosis de fósforo y potasio sobre el número de semillas por vainas, se encontró que no existen diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 6). Sin embargo, si se observa el comportamiento numérico de las medias de tratamientos, se aprecia que la misma osciló entre 2 y 3 semillas por vaina, disminuyendo en aquellos tratamientos en que las dosis de P y K fue baja o no se aplico (Tratamientos A y B).

Estos resultados confirma lo planteado por Johnston (2003) quien afirma que al agregar suficiente fósforo y potasio se establecen plantas fuertes y saludables, factores determinantes para mejorar la habilidad de los cultivos para hacerle frente al estrés de plagas y enfermedades y otros efectos negativos del medio ambiente, lo cual impactará negativamente en el número de semillas por vainas.

Tabla 6. Efecto de dosis de fósforo y potasio sobre: altura de inserción de la primera vaina, número de vainas / planta, y número de semillas / vaina en el cultivo de la soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Época de Postrera del 2003.

Tratamientos	Altura de inserción primera vaina	Número de vainas / planta	Número de granos / vaina
A	10.4 c	25 c	2 a
B	15.5 b	33 b	2 a
C	20.3 a	45 a	3 a
D	19.5 a	45 a	3 a
E	21.7 a	44 a	3 a
C.V.(%)	8.75	8.20	9.59
ANDEVA	*	*	NS

3.2.4. Peso de mil granos (g)

Esta variable demuestra la capacidad que tiene la planta de trasladar los nutrientes acumulados en el tallo (durante su desarrollo vegetativo) al grano en la etapa reproductiva. El peso de mil granos es un carácter que está determinado factores genéticos y el mismo se verá afectado por el ambiente y manejo que se le de al cultivo (Cajina, 2001).

Al analizar el peso de mil granos (tabla 7), se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. En primer lugar están los tratamientos C, D y E (123, 121 y 120 g respectivamente). En segundo lugar quedó el tratamiento B (11 g) y en tercer lugar quedo el tratamiento A con 95 g. Con estos resultados se demuestra que el fósforo y el potasio influyen positivamente en el peso de la semilla y que estos elementos en cantidades suficiente en el suelo y en balance con el nitrógeno y otros micro elementos aseguran altos rendimientos.

3.2.5. Rendimiento de grano (kg/ha)

El rendimiento de grano es la variable principal de cualquier cultivo y determina la eficiencia con que la planta hace uso de los recursos existente en el medio, unido al potencial genético de la variedad. Está determinado por el genotipo del cultivo, la ecología y manejo que se le de a la plantación, tomando muy en cuenta la fertilización con fósforo y potasio (Alvarado 2000).

Según el análisis de varianza realizado a esta variable (tabla 7), existen diferencias significativas entre las dosis de fósforo y potasio evaluadas. La separación de medias por Duncan ($\alpha = 5$) indica que en primer lugar están los tratamientos C, D y E con 1 930, 1920 y 1919 kg / ha respectivamente sin diferencias significativas entre ellos. En segundo lugar quedó el tratamiento B (1 186 kg /ha) y difiriendo significativamente con el resto de los tratamientos, y en tercer lugar quedo el tratamiento A con 900 kg / ha respectivamente.

Estas diferencias encontradas de rendimiento de grano entre los diferentes tratamientos estudiados se deben principalmente al efecto que ejerció el fósforo y potasio sobre los componentes del crecimiento y rendimiento del cultivo de la soya. Probablemente el papel más importante que ejerció el fósforo fue su participación en funciones vitales para la planta como lo son: la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, la división y el crecimiento celular; además promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces. El fósforo es vital para la formación de la semilla y está involucrado en la transferencia de características hereditarias de una generación a la siguiente (Parra, 1997).

Con relación al potasio, es un nutriente esencial de la planta. El potasio es absorbido (del suelo) por las plantas en forma iónica (K^+). A diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no forma compuestos orgánicos en la planta. Su función principal está relacionada fundamentalmente con muchos y variados procesos metabólicos. El potasio es vital para la fotosíntesis. Cuando existe deficiencia de potasio, la fotosíntesis se reduce y la respiración de la planta se incrementa. Estas dos condiciones (reducción de la fotosíntesis e incremento en la

respiración), presentes cuando existe deficiencia de potasio, reducen la acumulación de carbohidratos, con consecuencias adversas en el crecimiento y rendimiento de la planta (Garcías, *et al.*, 2001).

Tabla 7 Efecto de dosis de fósforo y potasio sobre el peso de 1000 granos y rendimiento de granos en el cultivo de la soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Epoca de Postrera del 2003.

Tratamientos	Peso de 1000 granos en gramos	Rendimiento de grano (kg/ha)
A	95 c	900.0 c
B	111 b	1 186 b
C	123 a	1 930 a
D	121 a	1 920 a
E	120 a	1 919 a
C.V.(%)	9.26	8.85
ANDEVA	*	*

3.3. Análisis económico

Con el propósito de determinar el tratamiento más rentable, se llevo a cabo el análisis económico de los tratamientos, tomando en cuenta el presupuesto parcial, el análisis de dominancia y el análisis marginal, tal como lo propone la metodología del CIMMYT (1988).

3.3.1. Presupuesto parcial

Para la realización de este presupuesto parcial, se tomaron en cuenta los precios vigentes durante el desarrollo del estudio. Para el caso de la soya al momento de la cosecha fue de C\$ 91 córdobas por saco de 45.45 kg de peso.

En la tabla 8 se presenta el presupuesto parcial de los 5 tratamientos en estudio. Se observa que en el numeral 1 del presupuesto que se presentan los rendimientos medios obtenidos de cada tratamiento. Estos rendimientos se ajustaron a un 30 %, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento. El rendimiento ajustado se muestra en el numeral 3.. En el numeral 9, se muestran el total de los costos variables para cada tratamiento. El mayor costo variable lo presenta el tratamiento D (936.11 córdobas / ha) y el mayor beneficio neto lo generó el tratamiento C con 1361.37 córdobas / ha.

Tabla 8. Presupuesto parcial de los tratamientos dosis de Fósforo y Potasio en el cultivo de la soya. Finca La Concepción, Nagarote León. Epoca de Postrera del 2003.

Componentes del Presupuesto Parcial	Tratamientos				
	A	B	C	D	E
1) Rendimiento kg/ha	900.00	1186.00	1930.00	1919.00	1919.00
2) Ajuste del rendimiento (30 %)	270.00	355.80	579.00	575.70	575.70
3) Rendimiento ajustado (kg/ha)	630.00	830.20	1351.00	1343.30	1343.30
4) Beneficio Bruto de campo (C\$ / ha)	1016.69	1339.77	2180.23	2167.80	2167.80
5) Costo de Transporte (C\$ / ha)	138.77	182.86	297.58	295.88	295.88
6) Costo de cosecha (C\$ / ha)	58.68	77.33	125.84	125.13	125.13
7) Costo de mano de obra (C\$ / ha)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
8) Costo del fósforo y potasio (C\$ / ha)	0.00	200.78	320.44	440.10	559.76
9) Total de costos variable (C\$ / ha)	272.45	535.98	818.86	936.11	1055.77
10) Beneficios netos (C\$ / ha)	744.24	803.79	1361.37	1231.69	1112.03

3.3.2. Análisis de dominancia

Con el fin de eliminar aquellos tratamientos que tengan beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos (tratamiento dominado), se realizó el análisis de dominancia a los tratamientos en estudio. En la tabla 9, se muestra que los tratamientos D, y E, resultaron dominados.

Tabla 9. Análisis de dominancia de los tratamientos dosis de fósforo y potasio en el cultivo de la soya. Finca La Concepción, Nagarote, León. Epoca de Postrera del 2003.

Tratamientos	Costos Variables.	Beneficios netos	Tratamiento dominado (D)
A	272.45	744.2363	
B	535.98	803.7913	
C	818.86	1361.367	
D	936.11	1231.694	D
E	1055.77	1112.033	D

3.3.3. Análisis marginal

En el análisis marginal, se calculó la tasa de retorno marginal entre los tratamientos no dominados. Para efecto de análisis, se comparó la tasa de retorno obtenida por los tratamientos no dominados, con la tasa de retorno mínima aceptable para el agricultor. Para este estudio, la tasa de retorno mínima aceptable fue del 150 por ciento (CIMMYT, 1988).

En la tabla 10 se presentan los resultados del análisis marginal de los tratamientos que muestran el beneficio que se obtiene cuando se pasa de un tratamiento a otro. La mayor tasa de retorno marginal se obtuvo al pasar del tratamiento B al C, con una tasa de retorno marginal de 197.10 por ciento, (por encima de la tasa de retorno mínima aceptable para este estudio). Esto significa que por cada córdoba invertido en la aplicación del tratamiento C se obtiene 1.971 córdobas de ganancia, además del córdoba invertido.

Tabla 10. Análisis marginal de los tratamientos dosis de Fósforo y Potasio. Finca La Concepción, Nagarote, eón. Epoca de Postrera del 2003.

Tratamiento	Costos que varían (C\$/ha)	Costos marginales (C\$/ha)	Beneficios netos (\$/ha)	Beneficios netos marginales (\$/ha)	Tasa de retorno marginal (%)
A	272.45		744.24		
B	535.98	263.53	803.79	59.55	22.60
C	818.86	282.89	1361.37	557.58	197.10

IV. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos de esta investigación se llegan a las siguientes conclusiones:

1. Las variables altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas/planta presentaron diferencias significativas ante el efecto de las dosis del fósforo y potasio a los 50 y 70 días después de la siembra.
2. De los componentes del rendimiento solamente la variable número de granos / vaina resultó no significativas para los efectos de los tratamientos evaluados.
3. Las diferencias encontradas entre las medias del de los tratamientos C (20 kg/ha de fósforo y 40 kg/ha de potasio), D (30 kg/ha de fósforo y 50 kg/ha de potasio) y E (40 kg/ha de fósforo y 60 kg/ha de potasio) para las variables en estudio resultaron ser estadísticamente significativas.
4. Cuando se aplicó 20 kg/ha de fósforo y 40 kg/ha de potasio (tratamiento C) se aumentaron los rendimientos del cultivo hasta 1 930 kg / ha.
5. El análisis económico basado en el presupuesto parcial, análisis de dominancia y análisis marginal, mostró que los tratamientos D y E fueron dominados por el tratamiento C quien obtuvo el mayor beneficio neto (1 361.37 C\$ / ha) y una tasa de retorno marginal del 197.10 por ciento.

V. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, se presenta las siguientes recomendaciones:

1. Bajo las mismas condiciones en que se llevó a cabo este experimento, se recomienda aplicar las dosis de 20 kg/ha de fósforo y 40 kg / ha potasio, ya que con dosis se obtuvo el mayor rendimiento de grano y la mayor tasa de retorno marginal en el análisis económico.
2. Es recomendable repetir este ensayo en diferentes localidades del país, para comprobar los resultados obtenidos en esta investigación.
3. Recomendar realizar un análisis químico de suelo mas detallado para efectuar una recomendación más eficiente.

VI. LITERATURA CITADA

Alvarado, D. N. 2000. Transformación de tres componentes del sistema tradicional de producción del cultivo del ajonjolí (*Sesamum indicum* L), hacia una producción sostenible. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Barcelona, España. 80 p.

APENN, 1998. El mercado de la soya y sus derivados. For Export, Nicaragua Revista del Exportador. Managua, Nicaragua. 35 p.

Avellaneda J., Agustín Avellaneda, L., Caballero & García. 1999. ensayos de fertilización en soya Establecimiento “San Marcelo”, Teodelina (Santa Fé) – Campaña 1998/99. En jornada de actualización técnica para profesionales “Fertilización de soya”. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires. 39 pág.

Barahona, O. W. J. & Gago, H. F.S. 1996. Evaluación de diferentes prácticas culturales en soya (*Glycine max* (L) Merr.) y ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) y su efecto sobre la cenosis de las malezas. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua. 70 p.

Blandon, V. 1988. Influencia de diferentes métodos de control de malezas en soya (*Glycine max* (L) Merr.). variedad Cristalina. Tesis de Ingeniero Agrónomo. ISCA, Managua, Nicaragua. 55 p.

Bonilla, 1988. Influencia de diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento soya (*Glycine max* (L) Merr.). Tesis de Ingeniero Agrónomo. ISCA, Managua, Nicaragua. 52 p.

Cajina, U., M., M. 2001. Evaluación de diferentes arreglos de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L) Merr.) variedad CEA-CH-86. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-D .P.V. Managua, Nicaragua. 40 p.

- CECO, 2003. El cultivo de la soya (*Glycine max* (L) Merr.). Centro Experimental de cultivos Oleaginosos (CECO), Posoltega, Chinandega. Manual Técnico. 79 p.
- CIMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México, D. F. 79 p.
- Espinosa, G. J. & Vanegas, M. R. 1994. Efecto de rotación de cultivos y métodos de control de malezas sobre la cenosis de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos soya (*Glycine max* (L) Merr.) y algodón (*Gossypium hirsutum* L.). Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 47 p.
- García, S. H. 1997. Evaluación de diferentes prácticas culturales sostenible y su impacto sobre la cenosis de las malezas, granos básicos y leguminosas. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 85 p.
- García, F. H. & Vivas, H. 2001. La fertilización del doble cultivo: trigo / soya. Informaciones Agronómicas del Cono. Acassuso, Buenos Aires. 85 p.
- Holdridge, R. 1982. Ecología basada en zonas de vida (Traducción al inglés por Jiménez, S. H.). Primera edición. San José, Costa Rica. Editorial IICA. 216 p.
- INTA, (1998) Investigaciones de fertilización en el cultivo de la soya. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. 86 p.
- Johnston, A., M. 2003. Maximizando Ganancias con una Nutrición Balanceada. Informaciones Agronómicas. Instituto del Fósforo y la Postasa, Canadá. Volumen 5 Número 4. Edición para México y Norte de Centro América. 15 p.
- LAQUISA, S. A. 2001. Resultados del análisis químico de suelo. Laboratorios Químicos S. A. Km 85 carretera a León. 2 p.

- MAG, 1971. Levantamiento de suelos de la región del Pacífico de Nicaragua. Volumen II. Catastro e inventario de Recursos Naturales de Nicaragua. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dpto. de Suelos y Dasonomía. 180 p.
- MAG, 1993. Importancia de la soya en Nicaragua. Agricultura y Desarrollo. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Managua, Nicaragua. 36 p.
- Melgara, R. & Lavandera, J. 1999. Resultados de ensayos de fertilización en soya. Campaña 1998/99. En jornada de actualización técnica para profesionales “Fertilización de soya”. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires 60 pág.
- Parra, R. 1977. Fertilización fosfatada en el cultivo de la soya y residualidad en una secuencia de cultivos en el norte de Santafesino. Pub. Misc. No. 12 EEA INTA Reconquista. Santa Fé, Argentina. 60 pág.
- Rosas, J. C. & Young, R. A. 1996. El cultivo de la soya. 5ta. Edición, Zamorano., Publicación número AG-9603. Dpto. de Agronomía. San Pedro Sulas, Honduras. 150 p.
- Sánchez, H. & Lizondo, R. M. 1999. Respuesta de la soya a la fertilización fosfatada en el área de granos de la Provincia de Tucumán. Actas Merco soya 99. CIASF-AIANBA. Rosario. Santa Fé, Argentina. 90 pág.
- Sovalvarro, C. V. & Cruz, I. 1999. Estudio de periodos de enmalezamiento y de control de malezas sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de la soya (*Glycine max* (L) Merr.) variedad CEA-CH-86. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua, 50 p.