

RECEBIDA EN LA BIBLIOTECA DE LA ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
EL DÍA 27 DE ABRIL DE 1996
HONDURAS

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

INFLUENCIA DEL FOSFORO EN EL COMPORTAMIENTO
AGRONOMICO DE CUATRO GENOTIPOS DE SOYA
(*Glycine max* (L.) Merr)

Tesis presentada como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Agrónomo en el grado
académico de Licenciatura

por

Jorge Luis Pérez-Chacón Barragán

Honduras, 27 de abril de 1996

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

**INFLUENCIA DEL FOSFORO EN EL COMPORTAMIENTO
AGRONOMICO DE CUATRO GENOTIPOS DE SOYA**
(Glycine max (L.) Merr)

Tesis presentada como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Agrónomo en el grado
académico de Licenciatura

por

Jorge Luis Pérez-Chacón Barragán

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.



Jorge Luis Pérez-Chacón Barragán.

Honduras, 15 de abril de 1996

DEDICATORIA

A Dios por acompañarme siempre, por haberme dado la familia maravillosa que tengo, y por permitirme alcanzar una nueva etapa en mi vida profesional.

A mis padres queridos Jose Luis y Yolanda, a los cuales les debo todo lo que soy, por hacerme sentir su amor, apoyo y confianza en todo momento, y por brindarme el regalo mas preciado que pudieron darme: una buena educación.

A mis hermanas Ximena, Fabiola y Cecilia por compartir conmigo su amistad, cariño y apoyo; gracias.

A los amigos y compañeros que en este tiempo, lejos de mi patria, logré hacer; un sincero agradecimiento.

A los amigos de siempre gracias por el apoyo a la distancia.

AGRADECIMIENTOS

Mi mas sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera han contribuido en mi formación, y en la elaboración de este proyecto.

A mis asesores Dra. Ana Margoth Andrews, Dr. Pablo Paz y Dr. Juan Carlos Rosas un agradecimiento especial por su tiempo, orientación y ayuda en todo momento.

Al Dr. Francisco Gomez por su ayuda y colaboración.

Al Dr. J.J. Alán por sus consejos, apoyo y atención, que en general nos brindó a los alumnos del PIA.

Al Ing. O. Díaz por su colaboración y consejos en la parte de campo del ensayo.

Al personal del Laboratorio de Suelos por la colaboración prestada en todo momento, en especial a la Ing. Hilda Flores e Ing. A. Rodríguez.

Al personal de campo de la Sección de Producción, por su ayuda en los trabajos de campo y la toma de datos.

CONTENIDO

	Pag.
Portadilla.....	i
Derechos de autor.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Contenido.....	vi
Índice de cuadros.....	viii
Índice de anexos.....	ix
Resumen.....	x
I. INTRODUCCION.....	1-2
1.1 OBJETIVOS.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3-12
2.1 Taxonomía.....	3
2.2 Origen.....	3
2.3 Generalidades del cultivo.....	3
2.4 Clima.....	6
2.5 Suelo.....	6
2.6 P en el suelo.....	7
2.6.1 Formas químicas del P en el suelo.....	7
2.6.2 Contenido de P en el suelo.....	7
2.7 El pH del suelo.....	8
2.7.1 Suelos ácidos.....	8
2.8 Suelos en el trópico.....	9
2.9 El P en la planta.....	9
2.9.1 Respuesta fisiológica al estrés de P.....	9
2.9.2 Síntomas de deficiencia.....	11
2.10 El P y la fijación biológica del N (FBN)....	11
III. MATERIALES Y METODOS.....	13-19
3.1 Localización.....	13
3.2 Características del suelo.....	14
3.3 Material vegetal.....	14
3.4 Preparación del terreno.....	15
3.5 Inoculación de la semilla.....	15
3.6 Siembra.....	15
3.7 Parcela experimental.....	16
3.8 Diseño experimental.....	16
3.9 Tratamientos.....	16
3.10 Prácticas de cultivo.....	17
3.10.1 Combate de insectos.....	17
3.10.2 Combate de malezas.....	17
3.11 Variables evaluadas.....	18
3.11.1 Floración.....	18
3.11.2 Madurez fisiológica.....	19
3.11.3 Rendimiento.....	19
3.12 Análisis estadístico.....	19
IV. RESULTADOS.....	20-28

4.1	Floración	20
4.2	Madurez fisiológica.....	22
4.3	Madurez completa.....	25
4.4	Correlaciones.....	27
V.	DISCUSION.....	29-30
VI.	CONCLUSIONES.....	31
VII.	RECOMENDACIONES.....	32
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	33-36
IX	ANEXOS.....	37-43
	Datos biográficos del autor.....	44

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pag.
1. Descripción y duración en días de las etapas vegetativas del cultivo de la soya.....	4
2. Descripción y duración en días de las etapas reproductivas del cultivo de la soya.....	5
3. Precipitación, temperaturas máximas y mínimas en los meses de cultivo. Zamorano, Honduras. 1995...	13
4. Resultados del análisis de la muestra del suelo de la parcela experimental localizada en Santa Inés. Zamorano, Honduras. 1995.....	14
5. Variedades de soya utilizadas en el ensayo sometidas a tratamientos con P. Zamorano, Honduras. 1995.....	15
6. Tratamientos incluidos en el experimento. Zamorano, Honduras. 1995.....	17
7. Valores promedio de las variables número de nódulos (NN), peso seco de los nódulos (PSN), días a floración (DF), cantidad de N (CN) y P (CP) en la planta, determinadas en cuatro genotipos de soya sometidos a tratamientos con P. Zamorano, Honduras, 1995.....	21
8. Valores promedio de las variables madurez fisiológica (MF), altura de la planta (ALT), peso seco de la raíz (PSR), peso seco del follaje (PSF), relación PSF/PSR (REL), determinadas en cuatro genotipos de soya sometidos a tratamientos con P. Zamorano, Honduras. . 1995.....	24
9. Valores promedio de las variables número de vainas por planta (NVP), número de semillas por vaina (NSV), peso seco de cien semillas (PCS), y rendimiento (REN) determinadas en cuatro genotipos de soya sometidos a tratamientos con P. Zamorano, Honduras. 1995.....	26
10. Resultados del análisis de correlación simple entre las variables determinadas en el ensayo. Zamorano, Honduras. 1995.....	28

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Pag.
1. Resultados del ANDEVA para las variables MI, PSN, DF, CN, CP. Zamorano, Honduras. 1995.....	37
2. Resultados del ANDEVA para las variables MF, ALT, PSR, REL. Zamorano, Honduras. 1995.....	38
3. Resultados del ANDEVA para las variables REN, NVP, NSV, PCS. Zamorano, Honduras. 1995.....	39
4. Resultados estadísticos de la prueba de heterogeneidad de pendientes, para las variables determinadas en el ensayo. Zamorano, Honduras, 1995.....	40
5. Resultados estadísticos de los parámetros utilizados en las ecuaciones de regresión en el ensayo. Zamorano, Honduras, 1995.....	43

RESUMEN

La soya por sus características de alto contenido de aceite y proteína, posee un gran valor económico en la alimentación humana y animal. En Honduras, las áreas destinadas a este cultivo son reducidas, hecho que se atribuye al poco conocimiento de los aspectos agronómicos, poca disponibilidad de cultivares adaptados localmente, falta de incentivos a los agricultores y limitaciones de suelo y clima. Estos factores originan una situación grandes importaciones de grano y subproductos. Las características de los suelos en el trópico, en relación con la reducida disponibilidad de nutrimentos, en especial el P, limitan el desarrollo normal del cultivo, y disminuyen su potencial productivo. Se necesitan variedades que respondan eficientemente a las aplicaciones de P, y que respondan bien cuando la fertilidad natural es pobre y la situación del agricultor no permita adiciones importantes de este elemento. El presente ensayo evaluó la influencia del P en el comportamiento agronómico de cuatro genotipos de soya. Fue conducido en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras en el año 1995. Se probaron tres genotipos de la colección del Zamorano y un testigo comercial. Los niveles de P fueron: 0, 40, 80 y 120 kg/ha de P_2O_5 . Se evaluaron características agronómicas en la floración (R1), la madurez fisiológica (R7), y la madurez completa (R8). Los genotipos respondieron a las aplicaciones de P, determinado en la nodulación, el crecimiento vegetativo, el desarrollo radical, y el rendimiento. Se encontró respuesta lineal y cuadrática para el rendimiento, el cual estuvo correlacionado con sus componentes y el número y peso seco de los nódulos. El peso seco del follaje y de la raíz, incrementaron con las aplicaciones de P, mostrando una respuesta lineal. El contenido de N y P en los tejidos mejoró con las aplicaciones de P. En conclusión, las líneas probadas respondieron eficientemente a niveles bajos de P, mejorando con aplicaciones superiores. Se observó el inicio de la respuesta decreciente en variables como el rendimiento, la nodulación y la altura de las plantas.

I. INTRODUCCIÓN

La soya (*Glycine max* (L.) Merr) es la leguminosa de grano más importante a nivel mundial, en términos de producción y de mercado internacional, constituyéndose en la fuente de aceite y proteína vegetal más usada en la alimentación humana y animal (Whigham, 1983; citado por Fageria *et al.*, 1991).

Según Johnson y Bernard (1962) (citados por Fageria *et al.*, 1991), la semilla contiene en promedio 21% de aceite y 40% de proteína. Si bien la explotación comercial de este cultivo comenzó con la extracción del aceite de sus granos, la creciente demanda por proteína a nivel mundial hacen de la torta de soya su principal producto (Hawison, 1972, citado por Nhering, 1990).

En Honduras, la producción de soya no satisface la demanda nacional. En el 1986 la producción cubrió solamente el 1.9 % de la demanda interna (Olivera, 1990), ocasionando grandes volúmenes de importación. Para el 1989 la demanda fue de 27000 TM, originando la importación de 16000 TM (FAO, 1990); en el mismo año se sembraron en el país 2800 ha con un rendimiento promedio de 1500 kg. ha⁻¹ aportando a las necesidades internas 6300 TM (Vargas, 1990).

Programas gubernamentales en apoyo a la producción de soya se han desarrollado con poco éxito. Básicamente, los problemas de adopción del cultivo se debieron a la falta de incentivos a los productores, limitaciones de suelo y de clima, especialmente reflejadas en variedades poco adaptadas, y la reducida disponibilidad de variedades desarrolladas localmente.

Estudios referentes a la fertilidad de los suelos del trópico y subtrópico resaltan la condición predominantemente de suelos ácidos (FAO, 1994). Los suelos donde se cultiva la soya en Latinoamérica son generalmente deficientes en nitrógeno (N) y fósforo (P), además de la problemática condición de acidez.

Si nos referimos al N, gran parte de las necesidades del cultivo pueden ser cubiertas por la fijación biológica de nitrógeno (FBN), en el caso específico de la soya con la especie *bradyrhizobium japonicum*, lo que mejora el rendimiento por área, y representa un ahorro significativo en las necesidades de fertilizante nitrogenado; razón por la cual la inoculación de la semilla se convierte en una práctica importante y necesaria.

Muller *et al.* (1968) realizaron un estudio del P en suelos de América Central, basándose en el concepto de que el P es un factor limitante en la producción agrícola en ciertas áreas tropicales de Latinoamérica, verificando lo observado en

suelos de Brasil, Colombia, Chile, Trinidad, Costa Rica y Honduras, así como en otros países.

El P es indispensable en el desarrollo normal de cualquier cultivo, presente en el rol genético con los ácido nucleicos, constituyente de numerosas proteínas, aminoácidos, y en especial las funciones de transferencia de energía vía adenosina trifosfato (ATP) (Ozanne, 1974; citado por Khasawneh, 1980.

Los rendimientos de los cultivos se ven disminuidos a pesar del potencial productivo debido a las limitaciones de los suelos tropicales en cuanto a disponibilidad de muchos elementos esenciales, en especial el P, aunados a las prácticas de fertilización poco frecuentes por parte de los agricultores y a las condiciones adversas de pH.

Bajo estas condiciones se precisa identificar variedades de soya que respondan eficientemente a los bajos niveles de fertilidad natural, y que mejoren su respuesta con la aplicaciones de P. En el presente ensayo se evaluó la respuesta de cuatro genotipos de soya a diferentes niveles de P, en cuanto a rendimiento, nodulación y otras características agronómicas.

1.1 OBJETIVOS

El ensayo se realizó con base en los siguientes objetivos:

1. Evaluar el potencial agronómico de cuatro genotipos de soya.
2. Identificar genotipos con respuesta eficiente a las aplicaciones de P.
3. Estudiar el efecto del P sobre el proceso de fijación y acumulación de N en la planta .

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 TAXONOMÍA

La soya pertenece a la familia *Leguminosae* y a la subfamilia *Papilionoideae*. La forma domesticada es conocida por varios sinónimos botánicos: *Glycine soja* o *Soja max*. En el año de 1948, Ricker y Morse (citados por Hinson y Hartwig, 1982), presentaron suficiente evidencia de que el nombre correcto debería ser *Glycine max* (L) Merrill, siendo utilizado desde entonces este nombre para referirse a esta especie .

2.2 ORIGEN

Se cree que la soya es nativa del este de Asia, aparentemente de China. Fue introducida a Europa en el siglo XVIII, y traída a América un siglo más tarde (Whigham, 1993; citado por Fageria et al., 1991).

No se han encontrado formas silvestres de *Glycine max*, lo que hace suponer que la que se conoce proviene de la evolución y domesticación de *G. soja*, que se puede encontrar de manera silvestre al norte y noreste de China; ambas poseen un número cromosómico diploide igual a 40, lo que hace posible su cruzamiento (Gazzoni, 1994).

2.3 GENERALIDADES DEL CULTIVO

Las semillas varían de uno a cuatro por vaina, según el genotipo, y el peso entre 100 a 400 mg/semilla (Hinson y Hartwig, 1982). La testa puede ser de color amarillo, verde, café o negro, según la variedad.

Cuando las condiciones de suelo, profundidad de siembra, temperatura son óptimas, la soya emerge al cuarto o quinto día después de la siembra. La temperatura del suelo óptima para la germinación está entre los 25 a 35°C (Hartfield y Egli; 1974 citados por Hinson y Hartwig, 1982). La profundidad de siembra depende principalmente del tipo de suelo y la humedad al momento de la siembra. La literatura sugiere un óptimo entre 2.5 a 5 cm.

Las dos primeras hojas son unifoliadas, las subsecuentes son trifoliadas. La forma de las hojas es controlado genéticamente y pueden ser desde ovaladas hasta lanceoladas. Las hojas tienen en sus axilas las yemas axilares. Las yemas axilares se pueden encontrar en varios estados de desarrollo, cuando las secundarias se desarrollan, muchas veces forman

flores, pero pocas ramifican, dependiendo generalmente de las condiciones en que se desarrollen.

Las plantas de soya pueden tener crecimiento determinado o indeterminado. El número de entrenudos depende de la variedad y su longitud en respuesta al fotoperíodo.

La radícula presente ya en la semilla madura, empieza su desarrollo durante el primer o segundo día de germinación, en condiciones favorables puede llegar a profundizar hasta dos metros (Scott y Aldrich, 1975). De la raíz principal se generan otras secundarias, las cuales luego ramifican quedando mucho del sistema radicular entre los primeros 15 a 20 cm de suelo. La profundidad radicular, o la densidad de las raíces está bajo la influencia de las condiciones físico químicas del suelo (Hinson y Hartwig, 1982).

La sucesión de etapas fenológicas del cultivo generalmente se lo representa por el desarrollo vegetativo (Cuadro 1) y reproductivo (Cuadro 2).

Cuadro 1. Descripción y duración en días de las etapas vegetativas del cultivo de la soya.

Etapa	Nombre	Descripción (duración)
Ve	Emergencia	Salen cotiledones del suelo (5-15 días)
Vc	Cotiledonar	Hojas unifoliadas abiertas (3-10 días)
V1	Primer nudo	1er hoja trifoliada abierta (3-10 días).
V2	Segundo nudo	2da hoja trifoliada abierta (3-8 días).
Vn	Enésimo nudo	La enésima hoja trifoliada abierta desarrolladas (5-15 días).

Fuente: Rosas y Young, 1991.

Cuadro 2. Descripción y duración en días de las etapas reproductivas del cultivo de la soya

Etapa	Nombre	Descripción (duración)
R1	Inicio floración	Una flor abierta en cualquier nudo del tallo principal (1-7 días)
R2	Floración completa	Una flor abierta en uno de los dos nudos superiores del tallo principal (5-15 días)
R3	Inicio de formación	Una vaina de 5 mm de largo en uno de los cuatro nudos superiores del tallo principal con una hoja bien desarrollada (4-25 días)
R4	Vaina formada	Vaina de 2 cm de largo en uno de los cuatro nudos superiores del tallo principal con una hoja bien desarrollada (4-26 días)
R5	Inicio llenado	Semilla de 3 mm de largo en uno de los cuatro nudos superiores del tallo principal con una hoja bien desarrollada (11-20 días)
R6	Semilla llena	La vaina tiene semillas verdes que llenan su cavidad en uno de los cuatro nudos superiores del tallo principal con una hoja bien desarrollada (3-9 días)
R7	Madurez fisiológica	Vainas de color amarillo, 50% de las hojas amarillas (7-18 días)
R8	Madurez completa	95% de las vainas con el color típico (café) de la madurez (5-10 días)

Fuente: Rosas y Young, 1991.

2.4 CLIMA

La soya es un cultivo de clima caliente. Las mejores condiciones a nivel comercial se dan entre los 25° y 45° de latitud y una altitud inferior a los 1000 m (Fageria *et al.*, 1991).

Sensible a las temperaturas extremas, normalmente se desarrolla bien en un rango de 10 a 40°C (Whigham, 1983; citado por Fageria *et al.*, 1991).

La soya es de los cultivos más sensibles a la longitud del día (fotoperíodo). Se le conoce como una planta de día corto, siendo la transición de etapas de crecimiento vegetativo a floración efecto del número de horas de oscuridad (Barber y Hallmark, 1980). Existen cultivares que difieren en su requerimiento con respecto al período mínimo de oscuridad, las cuales responden a las condiciones del lugar donde se cultiven.

Los requerimientos hídricos del cultivo varían según el tipo de suelo, las condiciones climáticas, el período de desarrollo del cultivo y el nivel de producción del cultivar. Doorenbos y Pruitt (1977) (citados por Fageria *et al.*, 1991) establecieron el requerimiento del cultivo en un rango de 450 a 825 mm, cuando el ciclo de desarrollo corresponde a 100 días en latitudes bajas y hasta 190 días en latitudes altas.

Los requerimientos de agua de la soya son bajos durante las etapas de plántula y después de la madurez fisiológica, pero máxima en las etapas de floración y el llenado de las vainas (Fageria, *et al.*, 1991).

2.5 SUELO

La soya está adaptada a una gran variedad de suelos. El cultivo se desarrolla de una manera óptima en suelos de textura franco-arenosa a franco-arcillosa, bien drenados y con un pH de 6 a 6.5. Los suelos bien provistos de P permiten la obtención de altos rendimientos. Este elemento debe estar en condiciones de solubilidad tal que permita que la planta lo absorba fácilmente (Saumell, 1977).

Los requerimientos nutricionales del cultivo varían de acuerdo con diferentes factores como son: el tipo de suelo y condiciones de clima, el cultivar que se use, el nivel de producción, el sistema de cultivo y las prácticas de manejo (Fageria *et al.*, 1991).

2.6 EL P EN EL SUELO

El P en el suelo se clasifica como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos en los cuales aparece. La fracción orgánica se encuentra en el humus y la materia orgánica. La fracción inorgánica se la presenta en numerosas combinaciones con hierro (Fe), aluminio (Al), calcio (Ca) y otros elementos. Los fosfatos también reaccionan con las arcillas para formar complejos arcillofosfatados, los cuales son generalmente insolubles.

2.6.1 Formas químicas del P en el suelo

El P inorgánico en el suelo puede ser dividido en tres categorías: El P en forma de iones tales como H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} , disponibles en la solución de suelo; el P absorbido en la superficie de los constituyentes inorgánicos del suelo; y el P como minerales del suelo y cristales amorfos (Ozanne, 1974; citado por Khasawneh, 1980). La especie de ion fosfato, presente en la solución de suelo, varía con el pH de la solución; en soluciones altamente ácidas solamente estarán presentes iones H_2PO_4^- . Si el pH aumenta predominarán los iones HPO_4^{2-} y luego los iones PO_4^{3-} (Marín, 1977).

2.6.2 Contenido del P en el suelo

Marín (1977), determinó que el P total contenido en el suelo es relativamente poco, aparece como un promedio de 1240 kg. de P ha^{-1} . En los primeros 18 cm de la superficie del suelo cultivable, gran parte se encuentra en forma mineral poco disponible para la planta. Esta cifra representa un 0.064% en peso para el P, presumiendo que una ha pesa 2 000 000 de kg. Barber, 1984 citado por Berkert, 1994, determinó un promedio de 1000 Kg ha^{-1} de P total, donde pudo establecer un rango general de 0.02 a 0.15 % de P en el suelo, y en un promedio aproximado de 0.05 %.

Repetidas aplicaciones de P en banda pueden resultar en altos niveles de P disponible, así lo demostraron Sartain et al. (1979) observando que las aplicaciones anuales de P como fertilizante al suelo hacen incrementar el contenido de P en el mismo. Estos autores no detectaron respuesta incremental en el rendimiento en soya, a las aplicaciones de P en suelos con adecuado nivel de este elemento.

2.7 EL pH DEL SUELO

La mayor disponibilidad del P se obtiene en los límites de pH 5.5 a 7.0. A pH bajos la retención del P resulta principalmente de la reacción con el Fe y el Al. Por encima de un pH de 7.0, el P reacciona con los iones de Ca y magnesio (Mg) (Marín, 1977).

El pH del suelo puede regular la actividad microbiana, actuando negativamente sobre la sobrevivencia de bacterias fijadoras de N, y afectando la mineralización de la materia orgánica y la subsecuente disponibilidad de N, P, azufre (S) y algunos micronutrientes (Borkert *et al.*, 1994).

2.7.1 Suelos ácidos

Uno de los problemas más ampliamente distribuidos de la condición de suelo es la acidez. Suelos ácidos andisoles constituyen aproximadamente 1170 millones de ha no irrigadas en tierras arables en el mundo (Dudal, 1976; citado por Polle *et al.*, 1990. En estos suelos donde el principal problema nutricional es la deficiencia de P, se presentan además toxicidad de Al y manganeso (Mn), en adición a la limitación de N, común en todos los suelos.

Generalmente, el estrés puede ser descrito por los efectos indirectos de la acidez de los suelos, donde la actividad del ion H^+ en el crecimiento de las plantas es difícil de determinar. El nivel de pH en el suelo considerado dañino (inferior a 5.0) hace soluble en concentraciones tóxicas el Al, Mn, y otros elementos, afectando la disponibilidad de elementos esenciales como Ca, Mg, P, y molibdeno (Mo) (Foy, 1984; citado por Borkert *et al.*, 1994).

El bajo P disponible y la alta capacidad de fijación de los suelos ácidos implican un alto uso de fertilizantes fosforados, resultando en baja viabilidad económica la aplicación de P, en procura de un adecuado nivel de este elemento en el suelo, especialmente las aplicaciones al voleo. En muchas situaciones las aplicaciones de fertilizante en banda pueden incrementar su utilización (Fageria *et al.*, 1991).

2.8 SUELOS EN EL TRÓPICO

Los suelos en el trópico son muy variables por sus diferencias geológicas, en relación con la edad de los suelos, material parental y climas diversos (Borkert y Sfredo, 1994).

La deficiencia de P es la mayor limitante en la producción de cultivos en suelos ácidos e infértiles del trópico. Sánchez y Salinas (1981) estimaron que la deficiencia de P afecta el crecimiento de las plantas sobre el 96% del área total en suelos ácidos de América tropical. Las dos mayores razones para la ocurrencia de deficiencia de P en estos suelos son el bajo nivel nativo de P, y la alta capacidad de fijación de este elemento en los suelos.

2.9 EL P EN LA PLANTA

Hasta la emergencia, la plántula utiliza las reservas de P que contiene la semilla (5-10 d); luego el desarrollo va a depender de la absorción directa del P existente en el suelo en estado asimilable.

En el suelo los nutrimentos pueden penetrar hacia la planta a través del flujo de masa con el agua que las raíces producen por transpiración y también por difusión gracias al gradiente creado por la absorción de las raíces (Barber *et al.*, 1963; citado por Polle y Konzak, 1990).

La cantidad de P que la planta en crecimiento puede incorporar por difusión puede estar influenciada por tres causas: la exploración del suelo por las raíces, la interacción de las raíces con el suelo, resultando en liberación de P por las partículas del suelo, y por último la habilidad de las células de las raíces para transportar el P (Polle *et al.*, 1990).

La utilización de los nutrimentos absorbidos puede ser considerada desde el momento en que el ion atraviesa las membranas epiteliales o corticales e introducidas al citoplasma. La utilización inmediata involucra cambios metabólicos, en el caso del P inorgánico (Pi) el cual es rápidamente convertido a P orgánico o transferido hacia la vacuola para su posterior utilización (Glass, 1990).

2.9.1 Respuesta fisiológica al estrés de P

Fisiológicamente las plantas responden de dos maneras al estrés de P, ya sea absorbiendo más P de una limitada o químicamente cantidad fijada de P en el suelo, o por una mayor eficiencia en la utilización del P absorbido (Polle *et al.*, 1990).

La decreciente eficiencia en la utilización del P a un bajo nivel de este elemento está asociado a diferentes ajustes fisiológicos, el desarrollo de las hojas es restringido al igual que el crecimiento y el incremento en la materia seca (Israel y Ruffy, 1988). El decremento en la utilización del P está acompañado con un decremento en la utilización de N, donde la baja eficiencia en la utilización de N puede ser explicada por una limitación en el crecimiento resultado por un inadecuado nivel de P (Jarrell y Berly, 1981; citados por Israel y Ruffy, 1988).

Experimentalmente se han observado diferencias metabólicas en el P tomado y asimilado descritas en *Phaseolus*, en cultivares de maíz, tomate y soya. Colman, 1982 (citado por Vose, 1990) describió diferencias en crecimiento y adquisición de P, y utilización por plantas de tomate creciendo bajo deficiencia de P.

Lyness, 1963 (citado por Vose, 1990), observó una correlación entre la eficiencia del P y la capacidad de las raíces, la cual aparece constantemente como diferencia básica en la capacidad de asimilación del P.

Whiteaker *et al.* (1976), trabajaron con 54 líneas de *P. vulgaris* por determinar eficiencia de la utilización de P a muy bajos niveles del mismo. Identificó a las líneas por sus extremas respuestas al estrés de P, y clasificadas como eficientes, moderadamente ineficientes e ineficientes, en base al peso seco producido y a la razón en la eficiencia de P (PER) por unidad de P. Los valores de PER estuvieron en un rango de 380-671 mg de peso seco mg^{-1} de P aplicado. En algunas líneas el crecimiento incrementó conforme al aumento en el nivel de P en la solución, en otras líneas no se vio respuesta en el crecimiento. Bajo un situación de estrés, la fotosíntesis neta por unidad de P fue más alta en las líneas eficientes que en las líneas ineficientes, de esta manera el factor responsable de la eficiencia de P fue asociado con el metabolismo fotosintético.

Howell y Foot (1964) (citados por Vose, 1990), reportaron diferencias significativas entre cultivares de soya por su reacción a altos niveles de P. Hughes (1971) (citado por Vose, 1990), trabajando con 18 cultivares de soya, en dos años de fertilizaciones a diferentes niveles de N y P, obtuvo relaciones directas entre el rendimiento y el N de las hojas, lo mismo entre el P y el N de las hojas, concluyendo que la eficiencia del P en toda la planta es un fenómeno de considerable complejidad.

Polle y Konzak, (1990) determinaron la variabilidad genotípica en la tolerancia al estrés causada por deficiencia de P, la cual es generalmente evaluada por: la respuesta en crecimiento al P suplido en un medio de crecimiento, la tasa de absorción del P de la solución de suelo por los diferentes genotipos, y

la acumulación diferencial de P en los tejidos de la planta de diferentes genotipos.

La variabilidad genotípica en el crecimiento como respuesta a una suplementación con P, puede ser entendida por la absorción diferencial del P, o por la utilización diferencial del P eficientemente, o ambas; pero la acumulación de P por la planta no necesariamente conduce a la tolerancia de estrés por deficiencia de este elemento (de Mooyet *et al.*, 1970).

Sartain *et al.* (1979), observaron que el porcentaje de P en los tejidos incrementaba progresivamente con la aplicación de este elemento, y lo asociaron a la respuesta en crecimiento de las plantas, reportando incrementos en el contenido de P en los tejidos conforme la adición en la fertilización fosfatada.

2.9.2 Síntomas de deficiencia

Durante el llenado de vainas, el P es traslocado desde las partes vegetativas hacia las semillas, es así que a la madurez fisiológica la planta ha traslocado entre el 60 y 90% del P que contenían sus tejidos (Fageria *et al.*, 1991).

Bajo una condición de deficiencia, las hojas superiores traslocan el P de las hojas más inferiores, causando el síntoma visual en las hojas bajas (Borkert *et al.*, 1994), se caracteriza por el color de las hojas, las cuales cambian a un verde intenso y un uniforme azul verdoso; muy frecuentemente, el pigmento rojo (antocianina) aparece como principal tinte bronceador (verde o rojo).

Entre una condición saludable y una de deficiencia, existen puntos intermedios que son evidentes por el menor vigor en el crecimiento, una notable pérdida en rendimiento, la cual es difícil de identificar de otra manera que no sea el análisis foliar. En cultivos anuales este diagnóstico es generalmente reconocido demasiado tarde para una fertilización suplementaria, para rectificar la situación, exceptuando a través de una aplicación foliar, esto nos dice de la importancia de tener una correcta nutrición fosfatada desde los primeros estadios de crecimiento (ISMA, s.f.).

2.10 EL P Y LA FIJACIÓN BIOLÓGICA DEL N (FBN)

La soya puede tomar en N atmosférico, gracias a la relación estrecha que establece con bacterias del género *bradyrhizobium*, la cual está presente en los suelos, o en la semilla debidamente inoculada.

La planta comienza a recibir importantes cantidades de N fijado aproximadamente a la cuarta semana después de

germinada. Muchas estimaciones mostraron que la soya recibe entre 25 y 75% del N por fijación (Deibert *et al.*, 1979; citados por Fageria *et al.*, 1991).

Desde el punto de vista fisiológico, el rol vital que juega el P en las reacciones de transferencia de energía, más específicamente como constituyente de la molécula de ATP, en la actividad de la nitrogenasa, enzima presente en la FBN, hace ver la importancia de este elemento en el proceso. Entonces el P se convierte en un factor nutricional limitante en la FBN en zonas productoras de leguminosas en los trópicos (Graham, 1981; citado por Robleto, 1988).

Según reportó Andrew, 1962 (citado por Jardim, 1976), el efecto beneficioso del P en el número y peso de los nódulos de soya, va a depender de la variedad, las condiciones de clima y el estado de desarrollo de la planta.

Jones *et al.* (1976) observaron un incremento significativo con las aplicaciones de P y potasio (K) en el número de los nódulos por planta, el peso total de los nódulos y el peso promedio por nódulo, concluyendo que el P y el K ejercen un efecto significativo en el número y el tamaño de los nódulos, y relacionando las respuestas positivas de la suplementación de P y K a un incremento en el número de vainas por planta y en el rendimiento en grano de soya.

Ellis y Paulsen, 1975 (citados por Jardim, 1976), reportaron que el peso de los nódulos y la FBN eran mayores en variedades de soya tolerantes a bajos niveles de P.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

El ensayo se realizó en la área de Santa Inés, propiedad de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el valle del río del Yeguaré a 37 km al este de Tegucigalpa, Honduras.

Zamorano se encuentra a una altitud de 800 m, a 14° 00' latitud Norte y 87° 02' longitud oeste. La precipitación durante el año del experimento (1995) fue de 1380 mm, superior al promedio histórico de la zona (1132 mm); la precipitación acumulada en el ciclo del cultivo fue de 995 mm (Cuadro 3). Las temperaturas promedio máxima y mínima reportada para el presente año fueron de 16.3 y 28.9 °C respectivamente, con un promedio anual de 22.9 °C; las fluctuaciones de temperatura para los meses del cultivo se detallan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Precipitación, temperaturas máximas y mínimas en los meses del ciclo del cultivo. Zamorano, Honduras. 1995.

MESES	PRECIPITACIÓN (mm)	T min. (°C)	T max. (°C)
junio	138.3	19.7	31.3
julio	113.6	18.3	29.3
agosto	367.7	19.5	30.1
septiembre	289.9	18.2	29.6
octubre	133.8	18.3	27.4

Fuente: Estación Meteorológica, Zamorano, Honduras.

El periodo de lluvias comienza en el mes de mayo y se extiende hasta noviembre, interrumpiéndose normalmente en agosto, por dos o tres semanas, dando lugar a un periodo seco llamado "canícula", que en 1995 dada la alta precipitación no fue evidente.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El suelo donde se realizó el estudio está clasificado como *isohypertermic mollic ustifluvent*. El terreno presenta una topografía plana a ligeramente ondulada, con características de suelo aluvial, bien drenado de textura liviana. Se tomaron muestras del suelo de la parcela experimental profundidad de 30 cm previo al ensayo. En el Laboratorio de Suelos del Departamento de Agronomía, se determinaron la textura, el pH, el contenido de N, P, K, Ca, Mg, y de materia orgánica de las muestras. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Resultados del análisis de la muestra de suelo de la parcela experimental localizada en Santa Inés. Zamorano, Honduras, 1995.

Determinación	Resultado	Nivel
Mat. Orgánica (%)	3.10	Medio
Textura	Fr. aren.	---
pH (H ₂ O)	5.77	Mod. ácido
N Total (%)	0.12	Medio
P (ppm)	1.7	Bajo
K (ppm)	261	Alto
Ca (ppm)	1212	Alto
Mg (ppm)	118	Bajo

Según el análisis, este suelo es moderadamente ácido, con concentraciones medias de N, bajas de P y Mg, y altas en K y Ca y concentraciones medias de materia orgánica.

3.3 MATERIAL VEGETAL

Se utilizaron cuatro genotipos de soya, proporcionados por el Departamento de Agronomía, de los cuales tres son líneas pertenecientes a la colección de la EAP (S19, S50 y TG81430D) y Cristalina, variedad comercial que sirvió de testigo.

Básicamente son genotipos que presentan el mismo hábito de crecimiento (determinado) y con respuesta sensible al fotoperíodo. En el Cuadro 5 se detalla la procedencia de las variedades y su identificación.

Cuadro 5. Genotipos de soya utilizadas en el ensayo sometidas a tratamientos con P. Zamorano, Honduras, 1995.

	Número de registro	Nombre del genotipo	Procedencia
1.	S-19	Línea 199/10334	FHIA ^a
2.	S-50	5624	Gainesville ^b
3.	TG81430D	TG81430D	Banco de germoplasma EAP
4.	--	Cristalina	Comercial

^a Fundación Hondureña de Investigación Agrícola

^b Universidad de Florida

Fuente: Nehring (1990).

3.4 PREPARACIÓN DEL TERRENO

EL terreno fue preparado con maquinaria convencional, efectuando las labores de arado y rastreado, luego el surcado del terreno, coincidiendo con las primeras lluvias del año en los meses de mayo a junio.

3.5 INOCULACIÓN DE LA SEMILLA

El Laboratorio de Investigación del Departamento de Agronomía proporcionó el inóculo preparado con la cepa USDA 110 de *bradyrhizobium japonicum*. La dosis para inocular las semillas fue calculada con base en la recomendación de 250 g de inóculo/60 kg. de semilla; esta práctica fue común para todas las variedades. La inoculación se la realizó poco antes de la siembra para evitar problemas de mortalidad en las bacterias.

3.6 SIEMBRA

Después de marcado el terreno y dividido en las parcelas experimentales, se procedió a la siembra el 24 de Junio de 1995. Para garantizar la población en cada una de las parcelas se sembró a chorro corrido para luego ralearse a una distancia de seis cm entre plantas, obteniéndose una población final de 238 000 plantas por ha. El

fertilizante se aplicó al fondo del surco antes de la siembra, incorporándolo previamente, de manera que no quedara en contacto con la semilla.

3.7 PARCELA EXPERIMENTAL

El área total donde se realizó el ensayo correspondió a 1300 m². Las dimensiones de cada parcela experimental (64 en total) fueron de 5 m de longitud por 3.5 m de ancho, con cinco surcos espaciados a 70 cm, totalizando un área de 17.5 m².

La parcela útil, en donde se tomaron todos los datos, consistió de los tres surcos centrales. Se eliminaron los 50 cm de cada extremo como bordes, completando un área útil de 8.4 m².

3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un arreglo factorial 4x4 en un diseño de bloques completamente al azar (BCA), con cuatro repeticiones.

3.9 TRATAMIENTOS

Se utilizaron cuatro niveles de fertilización fosforada (0, 40, 80, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅) empleando el fertilizante comercial superfosfato triple (0-46-0), y cuatro variedades de soya (S19, S50, TG81430D, Cristalina), para un total de 16 tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tratamientos incluidos en el experimento.
Zamorano, Honduras, 1995.

Tratamiento	Genotipo	P (kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅)
1	S-19	0
2	S-19	40
3	S-19	80
4	S-19	120
5	S-50	0
6	S-50	40
7	S-50	80
8	S-50	120
9	TG81430D	0
10	TG81430D	40
11	TG81430D	80
12	TG81430D	120
13	Cristalina	0
14	Cristalina	40
15	Cristalina	80
16	Cristalina	120

3.10 PRACTICAS DE CULTIVO

Después de las labores de siembra y posterior raleo, las prácticas de cultivo se concentraron en el combate de malezas e insectos que aparecieron a lo largo del cultivo.

3.10.1 Combate de insectos

El ataque de insectos chupadores de las familias Cicadellidae, Pentatomidae y otros defoliadores como crisomélidos (*Cerotoma* spp., *Diabrotica* spp.) se combatió con la aplicación de Metamidofos (MPD-600) a razón de un L ha⁻¹, aplicándose dos veces en las primeras semanas de desarrollo del cultivo.

3.10.2 Combate de malezas

Las malezas estuvieron presentes en las primeras etapas del cultivo, principalmente tithonia (*Tithonia rotundifolia*), plantas voluntarias de sorgo y otras gramíneas. Se recurrió al combate químico a la tercera semana del cultivo aplicando Bentazon (Basagran) a razón de 1.5 L ha⁻¹, para las malezas de hoja ancha y Fluazifop-butil (Fusilade) a razón de 1 L ha⁻¹, para las malezas gramíneas. La deshierba manual se realizó a

los 13, 30, 45 días después de la siembra, lo que fue suficiente ya que el cultivo desarrolló una cobertura eficiente reduciendo a un mínimo las malezas presentes.

3.11 VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas en el experimento corresponden a tres etapas del desarrollo reproductivo: floración (R1), madurez fisiológica (R7) y madurez completa (R8).

3.11.1 Floración

Cuando las variedades llegaron a la floración, se tomaron muestras de cinco plantas por parcela, para registrar datos de número de nódulos, peso seco de nódulos, peso seco de la parte aérea y de las raíces, y el contenido de N y P en los tejidos.

3.11.1.1. Días a floración

Los datos registrados como días a floración corresponden a los días después de la siembra necesarios para llegar a la etapa reproductiva R1 cuando el 50 % de las plantas tenía por lo menos, una flor abierta.

3.11.1.2 Nodulación

La nodulación se evaluó en la muestra colectada de cinco plantas por parcela, teniendo cuidado de no dañar el sistema radical para así obtener la mayor cantidad de nódulos. Las raíces se lavaron con agua y se secaron al ambiente, para luego separar los nódulos y registrar el número por planta. El peso de los nódulos se obtuvo después de tres días de secado a una temperatura de 75 °C en un horno de convección.

3.11.1.3 Peso seco del follaje y de las raíces

Las raíces libres de nódulos, se secaron en un horno de convección a 75°C durante tres días. Lo mismo se hizo con el follaje. El material seco se pesó, expresando los resultados en g/planta.

3.11.1.4 Contenido de P y N en los tejidos

El material vegetal seco se molió, para realizar el análisis. Se determinó el contenido de P y de N del follaje.

En la determinación del P se utilizó, un método colorimétrico (Manual del módulo de suelos, 1995), donde el P es extraído por la solución extractora de Mehlich I. La cantidad de P en el filtrado reacciona con el molibdato de amonio formando un complejo de color azul, donde la intensidad de color azul en la solución es proporcional a la cantidad de P presente en la muestra, medida por medio del espectrofotómetro.

El método de micro Kjeldhal se utilizó para el análisis de N en el follaje (Manual del módulo de suelos, 1995). El cual consiste básicamente en digerir la muestra pasando todo el N-orgánico de los tejidos a una forma de amonio, con la ayuda de catalizadores y ácido sulfúrico, luego se determina el contenido de amonio en la muestra, expresándolo como N.

3.11.2 Madurez fisiológica

Cuando las plantas llegaron a la etapa de desarrollo R7, se registraron los días después de la siembra (dds), y la altura de las plantas.

3.11.3 Rendimiento

El rendimiento y sus componentes: número de vainas por planta, peso seco de 100 semillas y número de semillas por vaina, se evaluaron cuando el cultivo llegó a la etapa de desarrollo R8 (madurez completa). La humedad de los granos tanto para el rendimiento como para el peso seco de 100 semillas se ajustó a 14% de humedad.

3.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el paquete "Statistical Analysis System" (SAS® versión 6.04), para el análisis de los datos. Se realizó el análisis de varianza (ANDEVA), determinando la significancia de los efectos principales, niveles de P y genotipos (P < 5%). Se utilizó en método SNK para la separación de medias. El análisis de heterogeneidad de pendientes fue necesario para determinar la interacción de los efectos principales. Se encontró el mejor modelo de regresión y correlaciones simples para las variables del estudio.

IV. RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados de las determinaciones realizadas en las etapas de floración (R1), madurez fisiológica (R7) y madurez completa (R8).

4.1 FLORACIÓN

Los resultados de las variables evaluadas en la floración se presentan en el Cuadro 7. Se detallan las diferencias detectadas entre los genotipos para las variables: peso seco de los nódulos (PSN), días a floración (DF), y contenido de N en la planta (CN). Se encontraron también respuestas a los tratamientos con P, los que afectaron positivamente las variables número de nódulos (NN), PSN, CN, y contenido de P en la planta (CP). No se observaron diferencias para la interacción entre los factores principales, genotipos y niveles de P (G x P), indicando que los genotipos respondieron de manera similar a los diferentes niveles de P.

Los resultados del análisis de varianza (ANDEVA) para las variables determinadas en la etapa R1 se presentan en el Anexo 1.

4.1.1 Nodulación

En cuanto a la nodulación se detectaron diferencias entre los genotipos en la variable PSN ($P \leq 0.05$), siendo mayor en la línea S19. Valores inferiores y no diferentes se obtuvieron en los genotipos S50, TG81430D y Cristalina (Cuadro 7). Tanto el NN como PSN fueron influenciados por los tratamientos con P; los genotipos presentaron una respuesta lineal y cuadrática a las aplicaciones, observándose incrementos en el NN y PSN significativos ($P \leq 0.01$) con la adición de fertilizante fosfatado, esperándose reducciones en estas variables con niveles de P superiores a 120 Kg ha^{-1} .

Cuadro 7. Valores promedios de las variables número de nódulos (NN), peso seco de nódulos (PSN), días a floración (DF), cantidad de N (CN) y de P (CP) en la planta, determinados en cuatro genotipos de soya sometidos a tratamientos de fertilización con P. Zamorano, Honduras, 1995.

Factor	NN (pl)	PSN (mg/pl)	DF (días)	CN (mg/pl)	CP (mg/pl)
<u>GENOTIPOS (G)</u>					
S19	105.0	416.3 A ¹	47 D	2381 A	167
S50	111.4	330.3 B	50 C	1875 AB	157
TG81430D	95.7	312.0 B	55 A	1640 B	130
Cristalina	101.2	322.7 B	52 B	1836 AB	159
Andeva	ns	*	**	*	ns
<u>FOSFATO/P_i²</u>					
0	60.7	154.2	51	1290	74
40	112.3	377.0	52	1818	134
80	123.3	422.3	51	2140	183
120	116.9	427.8	51	2483	222
Andeva	**	**	ns	**	**
R ² Aj ³	0.56	0.54	—	0.47	0.57
<u>INTERACCIÓN GXP</u>					
Andeva	ns	ns	ns	ns	ns
<hr/>					
C.V. (%)	19.5	28.5	3.7	33.5	10.5

*, **, ns. Significativo al P≤0.05 y P≤0.01, y no significativo, respectivamente.

¹ Medias en las columnas, seguidas de la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel de P≤0.05 según la prueba SNK.

² En forma de P₂O₅

³ R² ajustado del análisis de regresión.

4.1.2 Días a floración

Las diferencias en DF se debieron básicamente al efecto de los genotipos ($P \leq 0.01$). La mayor diferencia fue de siete días, siendo S19 la línea más precoz (47 días a floración), y TG81430D la más tardía (55 días a floración).

4.1.3 Contenido de N y P en la planta

Se encontraron diferencias significativas entre los genotipos en el CN ($P \leq 0.05$). La línea S19 fue superior a las demás. Los genotipos S50 y Cristalina presentaron valores intermedios, pero no fueron estadísticamente diferentes a S19. el genotipo TG81430D fue el que mostró la menor cantidad de CN (Cuadro 7).

Los niveles de P influyeron en el CN, se determinó una respuesta lineal para esta variable, donde los incrementos en el CN fueron progresivos conforme aumentaron los niveles de P.

El CP también fue influenciado por los tratamientos con P. La acumulación de P en los tejidos se incrementó progresivamente con las adiciones de P, determinándose una respuesta lineal para esta variable. En los tratamientos sin P se observó una disminución (>50%) en el CP, en relación con la producida en los tratamientos con P (Cuadro 7).

Se registraron diferencias en la variable CN debidas al P aplicado. Asimismo, se puede observar un efecto positivo sobre la actividad del *bradyrhizobium* mejorando la nodulación observada (NN y PSN).

4.2 MADUREZ FISIOLÓGICA (ETAPA R7)

Los resultados de las variables evaluadas en la etapa R7 son presentados en el Cuadro 8. Se observaron diferencias entre los genotipos en las variables madurez fisiológica (MF), altura de la planta (ALT), y peso seco de la raíz (PSR). Se indica, también, el efecto del P en las variables MF, ALT, peso seco del follaje (PSF), PSR y la relación PSF/PSR (REL). No se encontraron diferencias para la interacción GxP para ninguna de las variables, indicando que los genotipos respondieron de manera similar a los niveles de P aplicados.

Los resultados del ANDEVA para las variables determinadas en la etapa R7 se detallan en el Anexo 2.

4.2.1 Madurez fisiológica

En cuanto a la MF hubo diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre los genotipos. La línea S19 alcanzó esta etapa mas tempranamente que las demás. Los genotipos S50, TG81430D y Cristalina tuvieron una diferencia de cinco a siete días con relación a S19; sin presentar diferencias entre los mismos (Cuadro 8).

Por otro lado, los tratamientos con P influyeron en la MF; se determinó una respuesta lineal para esta variable. Tratamientos sin P afectaron significativamente la MF ($P \leq 0.01$); se observó en las plantas un adelanto en la MF, en el caso más extremo de 11 días, relacionada con una respuesta fisiológica de la planta al estrés de P. Los días a MF, incrementaron progresivamente con los niveles de P.

4.2.2 Altura de las plantas

Diferencias entre genotipos mostraron que S19 fue superior ($P \leq 0.01$) en cuanto a ALT. Los genotipos S50, TG81430D y Cristalina no presentaron diferencias (Cuadro 8).

La ALT de los genotipos fue influenciada por los niveles de P, los que presentaron una respuesta cuadrática a las aplicaciones de P.

4.2.3 Desarrollo vegetativo

El desarrollo vegetativo evaluado a través de las variables PSF, PSR y la REL varió con los genotipos y fue influenciado por los tratamientos con P (Cuadro 8).

En cuanto al PSR fue superior en la línea S19. Entre las líneas S50 y TG81430D no se detectaron diferencias significativas, presentando los valores inferiores para esta variable. Se observaron incrementos progresivos en el PSR con las aplicaciones de P, mostrando una respuesta lineal.

El PSF se vio favorecido con la aplicación de P, los genotipos mostraron una respuesta lineal, sin llegar a determinar un incremento máximo. El tratamiento sin P resultó inferior en el PSF.

Cuadro 8. Valores promedios de las variables madurez fisiológica (MF), altura de la planta (ALT), peso seco de la raíz (PSR), peso seco del follaje (PSF) y relación PSF/PSR (REL) determinadas en cuatro genotipos de soya sometidos a tratamientos con P. Zamorano, Honduras, 1995.

Factores	MF (dds)	ALT (cm)	PSR (g)	PSF (g)	REL PSF/PSR
<u>GENOTIPOS (G)</u>					
S19	120 B ¹	95.6 A	12.6 A	70.0	5.4
S50	125 A	89.1 B	9.8 B	61.1	5.4
TG81430D	127 A	85.4 B	9.9 B	54.1	5.3
Cristalina	126 A	85.3 B	11.3 AB	61.3	5.4
Andeva	**	**	*	ns	ns
<u>FOSFATO (P)²</u>					
0	119	79.5	8.9	44.0	4.8
40	123	90.4	11.0	57.5	5.2
80	126	92.4	11.3	65.7	5.7
120	130	93.1	12.3	79.2	5.8
Andeva	**	**	*	**	**
R ² Aj ³	0.44	0.42	0.12	0.42	0.18
<u>INTERACCIÓN GXP</u>					
Andeva	ns	ns	ns	ns	ns
<hr/>					
C.V. (%)	4.0	5.9	26.4	10.3	15.7

*, **, ns. Significativo al P≤0.05 y P≤0.01 y no significativo respectivamente.

¹ Medias en las columnas, seguidas de la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel de P 0.05 según la prueba SNK.

² En forma de P₂O₅

³ R² Ajustado del análisis de regresión

4.3 MADUREZ COMPLETA (ETAPA R8)

Los resultados de las variables evaluadas en la etapa R8 se presentan en el Cuadro 9. Se encontraron diferencias significativas entre genotipos para las variables número de vainas por planta (NVP), número de semillas por vaina (NSV), peso seco de 100 semillas (PCS) y rendimiento (REN). Los tratamientos de P influyeron en las variables NVP, PCS y REN. No se pudo detectar interacción entre los genotipos y el P, para ninguna de las variables evaluadas en esta etapa, sugiriendo que los genotipos respondieron de igual manera a los diferentes niveles de P.

Los resultados del ANDEVA para las variables evaluadas en la etapa R8 se muestran en el Anexo 3.

4.3.1 Componentes de rendimiento

Se detectaron diferencias ($P \leq 0.01$) entre genotipos con respecto a la variable NVP. El genotipo TG81430D fue superior a todos los genotipos, y los demás genotipos no fueron diferentes entre ellos. El NSV fue superior en Cristalina, intermedios para S50 y TG81430D, y los valores más bajos estuvieron en S19.

La línea S19 fue significativamente superior, en el PCS. Valores intermedios se observaron en S50 y Cristalina, y los más bajos en TG81430D (Cuadro 9). Esta diferencia genotípica es considerada en mejoramiento y selección de variedades, donde se prefiere una semilla más pequeña la cual resiste mejor el daño mecánico.

Cuadro 9. Valores promedios de las variables número de vainas por planta (NVP), número de semillas por vaina (NSV), peso seco de cien semillas (PCS) y rendimiento (REN) determinados en cuatro genotipos de soya sometidos a tratamientos de fertilización con P. Zamorano, Honduras, 1995.

	Componentes de rendimiento			
	NVP	NSV	PCS(g)	REN (Kg ha ¹)
<u>GENOTIPOS (G)</u>				
S19	54.6 B ¹	1.86 C	21.6 A	2317 D
S50	54.1 B	2.19 B	16.7 B	3148 B
TG81430D	67.5 A	2.23 B	13.3 C	2794 C
Cristalina	51.6 B	2.37 A	15.8 B	3536 A
Andeva	**	**	**	**
<u>FOSFATO (P)²</u>				
0	45.5	2.10	15.0	2155
40	54.6	2.13	16.7	2087
80	60.9	2.22	17.6	3276
120	66.9	2.20	18.1	3478
Andeva	**	ns	**	**
R ² Aj ³	0.26	—	0.20	0.57
<u>INTERACCION GXP</u>				
Andeva	ns	ns	ns	ns
<hr/>				
C.V. (%)	20.6	8.3	8.5	10.3

*, **, ns. Significativo al P≤0.05, P≤0.01, y no significativo, respectivamente.

¹ Medias en las columnas, seguidas de la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel de P 0.05, según la prueba SNK.

² En forma de P₂O₅

³ R² Ajustado del análisis de regresión.

4.3.2 Rendimiento

Las diferencias en el REN debidas al efecto de los genotipos, fueron evidentes ($P \leq 0.01$). Cristalina fue significativamente superior a los demás genotipos. Las líneas S50 y TGB1430D fueron eficientes produciendo bajo una situación de bajo P, mejorando su respuesta en REN con las adiciones de P.

El efecto de la fertilización fosforada sobre el REN fue determinada por una respuesta cuadrática de los genotipos a las aplicaciones de P, los incrementos en el REN fueron progresivos en cada nivel de P.

4.4 CORRELACIONES

En el cuadro 10, se presentan los coeficientes de correlación simple entre las variables evaluadas en las etapas de desarrollo R1, R7 y R8.

Se observó que el REN se correlacionó con los componentes NVP y NSV, así también con la nodulación (NN y PSN) y el CP. Los aumentos en el PCS estuvieron acompañados con ganancias en ALT. Se observó una correlación negativa entre el PCS y el NSV. Ambos CP y CN, que fueron altamente correlacionados entre ellos, estuvieron positivamente correlacionados con NN, PSN, PSF, PSR y ALT. De igual manera, las variables ALT y PSR se correlacionaron entre ellas, y ambas estuvieron correlacionadas con NN, PSN y PSF. Incrementos en el NN fueron acompañados por incrementos en el PSN.

V. DISCUSION

Los tratamientos de P influyeron significativamente ($P \leq 0.05$) en muchas de las variables determinadas en el ensayo; estos resultados se discuten a continuación.

Las variables NN, PSN, CN y CP (Cuadro 7), mostraron una respuesta favorable a las aplicaciones de P durante la floración (R1), produciendo incrementos importantes a través de los niveles de P, se observó que cuando mejoró la nodulación, el CN en los tejidos incrementó. Las ganancias en NN y PSN pueden estar relacionadas con favorables incrementos en la producción de ATP. Graham (1981) refiriéndose al bajo contenido de P en los suelos, indica que este reduce la capacidad de nodulación y de fijación de N_2 en frijol común. Al respecto Sa e Israel (1995) se refieren a la disminución de las concentraciones de ATP en las células hospederas de bacterias noduladoras en las raíces, reduciendo la actividad de la nitrogenasa y el N_2 fijado, ocasionado por una deficiencia de P en el suelo, y reflejándose en una disminución del N en la planta.

Jones *et al.* (1976) observaron incrementos en el NN y PSN en plantas de soya, en respuesta a aplicaciones de P y K. Acuña y Cordero (1989), trabajando con frijol común (*P. vulgaris*), encontraron un aumento, de seis veces, en el PSN cuando pasaron de 0 a 1350 mg kg^{-1} de P_2O_5 por planta.

En el estudio los incrementos en CN y CP, estuvieron correlacionadas con incrementos en nodulación (NN y PSN), y el desarrollo vegetativo (PSR y PSF). Cuando el CN incrementó en la planta ocasionó un mejor desarrollo vegetativo, corroborando lo encontrado por de Mooy y Pesek (1969) quienes obtuvieron incrementos en el CN en planta de soya con aplicaciones de P; al mismo tiempo observaron incrementos en el CP en las hojas y un mayor PSF y de PSR. Cordero y Acuña (1989) encontraron respuesta positiva a las aplicaciones de P en la ALT de las plantas, en el PSF y el peso fresco de las raíces (PFR) en frijol común.

Una de las funciones del P en la planta es favorecer el crecimiento radical, la cual mejora la eficiencia y toma de los elementos bajo condiciones irrestrictas del desarrollo radical. Se observó en el estudio, que cuando el PSR incrementó con las aplicaciones de P, incrementaron el CN y CP, y esta mejora en el PSR estuvo acompañada por un mejor desarrollo vegetativo. Al respecto Crafts-Brandner (1992) realizó un estudio referente a la removilización del P de las hojas, encontrando que plantas con deficiencia de P crecieron menos y mantuvieron un nivel constante en la concentración de P en las hojas.

Por otro lado se observaron diferencias entre los genotipos en cuanto a DF, posiblemente influenciados por la aplicación de P, mejorando el CN en sus tejidos, al respecto se sabe que el N favorece el desarrollo vegetativo, la planta desarrolla mas follaje, como se observó en el estudio, y tiene mas capacidad para fotosintetizar y producir metabolitos para las actividades fisiológicas de la planta.

El REN y los componentes de rendimiento se vieron favorecidos con la aplicación de P. Los genotipos respondieron eficientemente mostrando incrementos importantes con las aplicaciones de P, presentando una respuesta cuadrática en el REN; Se pudo notar que no hay mucha diferencia entre las respuestas de los niveles 80 y 120 (kg ha^{-1}), lo cual nos indica el inicio de la respuesta cuadrática (Cuadro 9). Esto concuerda con lo obtenido por Chesney (1973); Pesek y Hanway (1960) y Jones *et al.* (1976), quienes informaron incrementos en el rendimiento de soya con las aplicaciones de P, obteniendo respuesta lineal y cuadrática.

En el estudio se observó, que los aumentos en REN estuvieron acompañados por incrementos en los componentes NVP y PCS, sin embargo, no se determinó un efecto significativo de las aplicaciones de P sobre estos componentes. Al respecto, Jones *et al.* (1976) encontraron que el P tiene un efecto sobre la formación y desarrollo de las vainas, donde el NVP fue afectado por diferentes aplicaciones de P.

VI. CONCLUSIONES

- El uso de la fertilización fosforada puede aumentar el nivel de rendimiento, desarrollo vegetativo y nodulación en variedades eficientes en la utilización de este elemento.
- Los genotipos evaluados se comportaron de manera eficiente a las aplicaciones de P, respondiendo bien a niveles bajos de P, y mejorando su respuesta con aplicaciones superiores. Todos los genotipos se comportaron similar en cuanto a la eficiencia en el uso de P.
- La FBN se vio favorecida con la aplicación de P; mejorando la nodulación (NN y PSN), y el CN en la planta.

VII. RECOMENDACIONES

- Considerar las líneas S50 y TG81430D, para posteriores evaluaciones por sus buenas características agronómicas.
- Continuar con las evaluaciones de genotipos de soya en condiciones locales, contribuyendo de esta manera al establecimiento del cultivo en Honduras.
- Estudiar la respuesta de los genotipos evaluados en este estudio a mayores niveles de P, para corroborar los datos encontrados.
- Complementar el estudio con un componente económico.

VIII BIBLIOGRAFIA

- ACUÑA, O.; CORDERO, A. 1989. Efecto de diferentes dosis de molibdeno, fósforo y calcio sobre la nodulación del frijol en un ultisol de Puriscal. *Agronomía Costarricense* 13(2): 193-196.
- ANDREWS, A.M.; CASTRO, A.; ROSAS, J.C. 1995. Informe Anual de investigación-1994: Respuesta de variedades de frijol a la fertilización fosforada en dos localidades de Honduras. Ed. por J.C. Rosas. Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. p. 90-91
- BECERRA, E.S. 1992. Evaluación de genotipos de soya (*Glycine max* (L.) Merr.) y cepas de *bradyrhizobium japonicum* por eficiencia en nodulación y fijación de nitrógeno. Tesis Ing. Agr. Tegucigalpa, Hond., Escuela Agrícola Panamericana. p.59-73.
- BORKERT, C.M.; SEFREDO, G.I. 1994. Tropical soybean improvement and production: Fertilizing tropical soils for soybeans. Ed. by FAO. Roma, Italy. p.175-200.
- CARLSON, J.B. 1993. Soybeans: Improvement, production, and uses. Ed. by B.E. Caldwell. Madison, Wisconsin. Editorial American Society of Agronomy. p.17-66.
- CHESEY, H.A. 1973. Performance of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr) in the tropics as affected by N, P, and K. *Agronomy J.* 65:887-889.
- De MOOY, C.J.; PESEK, J.; SPALDON, E. 1973. Soybeans: Improvement, production, and uses. Ed. by B.E. Caldwell. Madison, Wisconsin. Ed. American Society of Agronomy. p.285-291.
- _____; PESEK, J. 1970. Differential effects of P, K, and Ca salts on leaf composition, yield, and seed size of soybean lines. *Crop. Sci.* 10:72-77.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR V.C.; JONES C.A. 1991. Growth and mineral nutrition of field crops: Soybean. Editorial Dekker. New York, N.Y. p.254-270.
- FAO. 1982. Soybean production in the tropics. Ed. by K. Hinson. Roma, Italy. p.9-50.
- _____. 1990. Comercio: Comercio de productos agropecuarios. Vol 43. Roma, Italia. p. 247.

- FAWOLE, I.; GABELMAN, W.H.; GERLOFF, G.C.; NORDHEIM, E.V. 1982. Heritability of efficiency in phosphorus utilization in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under phosphorus stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(1):94-97.
- GAZZONI, D.L. 1994. Tropical soybean improvement and production: Botany. Ed. by FAO. Roma, Italy. p.9-50.
- GRAHAM, P.H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. *Field Crops Research* 4: 93-111.
- GLASS, A. 1990. Crops as enhancers of nutrient use: Ion absorption and utilization. Ed. by V.C. Baligar and R.R. Duncan. San Diego, Calif. Ed. Academic Press. p.37-59.
- HANWAY, J.I.; WEBER, C.R. 1970. N, P, and K percentages in soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) plant parts. *Agronomy J.* Vol 63. p.286-290.
- HINSON, K; HARTWIG, E. 1982. Producción de soya en los trópicos. Editado por FAO. Roma, Italia. p 78-120.
- INPOFOS. 1994. Informaciones agronómicas: Efecto del fósforo en la fijación biológica del nitrógeno. Editado por I. Lazcano-Ferrat. Vol 1, num. 4. p6.
- ISMA. s.f. Handbook on phosphate fertilization. Editado por J. Duculot. Gembloux, Bélgica. 208 p.
- JARDIM, J.R. 1976. Inoculation of soybeans: Exploiting the legume *Rhizobium* symbiosis in tropical agriculture. Ed. by J.M. Vincent. University of Hawaii, USA. p.235.
- JONES, G.D.; LUTZ, J.A.; SMITH, T.J. 1977. Effects of phosphorus and potassium on soybeans nodules and seed yield. *Agronomy J.* 69:1003-1006.
- KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E.J. 1980. The role of phosphorus in agriculture. 2ed. Wisconsin, USA. p.559-585.
- MARIN, G. 1977. Temas didácticos: El fósforo del suelo. Vol V. ICA. Bogotá, Colombia. p 1-20.
- MILLER, R.J.; PESEK, J.T.; HANWAY, J.J. 1960. Relationships between soybeans yield and concentration of phosphorus and potassium in plant parts. *Agronomy J.* 53:393-396.

- MULLER, L.; BALERDI, F.; DIAZ-ROMEY, R.; FASSBENDER, H.W. 1968. Estudio del fósforo en suelos de America Central, Turrialba. Vol.18 Num.4. p.319-332.
- NEHRING, R.G. 1990. Estudio de adaptación de 23 variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) en dos épocas de siembra. Tesis Ing. Agr. Tegucigalpa, Hond. Escuela Agrícola Panamericana. p.3-13.
- OLIVERA, O.L. 1990. Efecto de la fertilización fosforada y el encalamiento en la nodulación y el rendimiento de la soya. Tesis Ing. Agr. Tegucigalpa, Hond. Escuela Agrícola Panamericana. p.1-3.
- POLLE, E.A.; KONZAK, C.F. 1990. Crops as enhancers of nutrient use: Genetics and breeding of cereals for acid soils and nutrient efficiency. Ed. by V.C. Baligar and R.R. Duncan. San Diego, Calif. Ed. Academic Press. p.82-119.
- ROBLETO, E.A. 1988. Efecto de la fertilización con calcio, fósforo y molibdeno en la fijación de nitrógeno y rendimiento en el frijol común. Tesis Ing. Agr. Tegucigalpa, Hond. Escuela Agrícola Panamericana. p.27-44.
- ROSAS, J.C.; ANDREWS, M.; CASTRO, A. 1995. Tolerancia del frijol común a la baja disponibilidad de fósforo en suelos de Honduras. p.
- ROSAS, J.C.; YOUNG, R. 1991. El cultivo de la soya. 3ra. Ed. El Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana. 62p.
- SA, T-M.; ISRAEL, D.W. 1995. Nitrogen assimilation en nitrogen-fixing soybean plants during phosphorus deficiency. *Crop. Sci.* 35:814-820.
- SANCHEZ, P.A.; SALINAS. 1981. Suelos del trópico: Características y manejo. IICA. San José, Costa Rica. p 59-105.
- SARTAIN, J.B.; FORBES, R.B.; USHERWOOD, N.R. 1979. Yield response of soybeans to P and K fertilization as correlated with soil extractable and tissue nutritional levels. *Soil Science and Plant Analysis* 10(9). p.1219-1232.
- SAUMELL, H. 1977. Soya: Información técnica para su mejor conocimiento y cultivo. Buenos Aires, Arg. Editorial Hemisferio Sur. p.85-87.

- SCOTT, W.O.; ALDRICH, S.R. 1975. Producción moderna de la soya: Los fertilizantes de la soya. Trad. por A. O. Bottero. Buenos Aires, Arg. Editorial Hemisferio Sur . p.67-74.
- VARGAS, D.G.; 1990. Efecto de la época de siembra, fertilización, nodulación y tratamiento de la semilla en el comportamiento de dos líneas de soya. Tesis Ing. Agr. Tegucigalpa, Hond. Escuela Agrícola anamericana. p.26-50.
- VOSE, P.B.;1990. Crops as enhancers of nutrient use: Plant nutritional relationships at the whole-plant level. Ed. by U.C. Baligar and R.R. Duncan. San Diego, Calif. Ed. Academic Press. p.65-71.
- WHITEAKER, G.; GERLOFF, G.C.; GABELMAN, W.H.; LINDGREN, D. 1976. Intraespecific differences in growth of beans at stress levels of phosphorus. J. Amer. Hort. Sci. 101(4):472-475.

Anexo 1. Resultados del ANDEVA para las variables determinadas en la etapa R1 del cultivo. Zamorano, Honduras, 1995.

Variable	F.V.	g.l.	C.M.	F.	PROB.	SIGNIF.
<u>Número de nódulos (NN)</u>						
Repetición	3		511.8	1.26	0.3004	ns
Genotipo(G)	3		698.4	1.72	0.1774	ns
Fósforo(P)	3	13232.4	32.50	0.0001	**	
GxP	9		774.6	1.90	0.0760	ns
<u>Peso seco de los nódulos (PSN)</u>						
Repetición	3		0.0044	0.46	0.7149	ns
Genotipo(G)	3		0.0370	3.77	0.0169	*
Fósforo(P)	3		0.2679	27.57	0.0001	**
GxP	9		0.0066	0.68	0.7232	ns
<u>Días a floración (DF)</u>						
Repetición	3		4.26	1.13	0.3460	ns
Genotipo(G)	3		165.90	44.05	0.0001	**
Fósforo(P)	3		2.39	0.63	0.5964	ns
GxP	9		1.64	0.44	0.9085	ns
<u>Contenido de N en la planta (CN)</u>						
Repetición	3		0.77	1.84	0.1533	ns
Genotipo(G)	3		1.59	3.78	0.0167	*
Fósforo(P)	3		4.12	9.78	0.0001	**
GxP	9		0.35	0.84	0.5867	ns
<u>Contenido de P en la planta (CP)</u>						
Repetición	3		0.002	0.96	0.4179	ns
Genotipo(G)	3		0.004	1.82	0.1567	ns
Fósforo(P)	3		0.065	29.54	0.0001	**
GxP	9		0.002	1.05	0.4167	ns

*, **, ns. significativo al nivel $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y no significativo, respectivamente.

Anexo 2. Resultados del ANDEVA para las variables determinadas en la etapa R7 del cultivo. Zamorano, Honduras, 1995.

Variablos	F.V.	g.l.	C.M.	F.	PROB.	SIGNIF.
<u>Madurez fisiológica (MF)</u>						
Repetición	3		33.73	1.30	0.2856	ns
Genotipo(G)	3		168.35	6.50	0.0010	**
Fósforo(P)	3		317.06	12.23	0.0001	**
GxP	9		37.79	1.46	0.1929	ns
<u>Altura de la planta (ALT)</u>						
Repetición	3		181.8	6.59	0.0009	ns
Genotipo(G)	3		372.3	13.49	0.0001	**
Fósforo(P)	3		648.1	23.48	0.0001	**
GxP	9		38.4	1.39	0.2200	ns
<u>Peso seco del follaje (PSF)</u>						
Repetición	3		1.87	2.26	0.0633	ns
Genotipo(G)	3		0.06	0.03	0.8760	ns
Fósforo(P)	3		3.65	4.78	0.0034	**
GxP	9		0.64	0.67	0.9865	ns
<u>Peso seco de la raíz (PSR)</u>						
Repetición	3		11.7	1.40	0.2549	ns
Genotipo(G)	3		27.8	3.32	0.0281	*
Fósforo(P)	3		33.2	3.98	0.0135	*
GxP	9		5.6	0.67	0.7283	ns
<u>Relación PSF/PSR (REL)</u>						
Repetición	3		1.91	2.59	0.0644	ns
Genotipo(G)	3		0.02	0.03	0.9916	ns
Fósforo(P)	3		3.46	4.70	0.0061	**
GxP	9		0.57	0.79	0.6305	ns

*, **, ns. Significativo al nivel $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y no significativo, respectivamente.

Anexo 3. Resultados del ANDEVA para las variables rendimiento y componentes de rendimiento determinadas en la etapa R8 del cultivo. Zamorano, Honduras, 1995.

Variables	FV	g.l.	C.M.	F.	PROB.	SIGNIF.
<u>Rendimiento (REN)</u>						
Repetición	3		243130.9	2.60	0.1635	ns
Genotipo(G)	3		4302484.4	46.07	0.0001	**
Fósforo(P)	3		5450963.0	58.36	0.0001	**
GxP	9		74010.7	0.79	0.6247	ns
<u>Número de vainas por planta (NVP)</u>						
Repetición	3		270.8	1.95	0.1356	ns
Genotipo(G)	3		821.7	5.91	0.0017	**
Fósforo(P)	3		1344.8	9.67	0.0001	**
GxP	9		163.3	1.17	0.3346	ns
<u>Número de semillas por vaina (NSV)</u>						
Repetición	3		0.0238	0.24	0.5363	ns
Genotipo(G)	3		0.7570	23.36	0.0001	**
Fósforo(P)	3		0.0470	1.45	0.2409	ns
GxP	9		0.0173	0.53	0.8414	ns
<u>Peso seco de 100 semillas (PCS)</u>						
Repetición	3		3.99	1.91	0.1412	ns
Genotipo(G)	3		197.03	94.26	0.0001	**
Fósforo(P)	3		30.32	14.51	0.0001	**
GxP	9		1.53	0.73	0.6761	ns

*, **, ns. Significativo al nivel $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y no significativo, respectivamente.

Anexo 4. Resultados estadísticos de la prueba Heterogeneidad de pendientes , para las variables determinadas en el estudio. Zamorano, Honduras, 1995.

General Linear Models Procedure

Variable dependiente: NN

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	589.69800	589.69800	1.38	0.2458
P	3	39697.08500	13232.36167	30.88	0.0001
GEN*P	3	4333.24900	1444.41633	3.37	0.0647

Variable dependiente: PSN

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	0.07143113	0.07143113	7.43	0.0086
P	3	0.80375367	0.26791789	27.85	0.0001
GEN*P	3	0.00979518	0.00326506	0.34	0.7969

Variable dependiente: DF

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	322.0031250	322.0031250	48.96	0.0001
P	3	7.1718750	2.3906250	0.36	0.7796
GEN*P	3	4.3593750	1.4531250	0.22	0.8815

Variable dependiente: CN

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	2.78911133	2.78911133	6.05	0.0170
P	3	12.35359692	4.11786564	8.93	0.0001
GEN*P	3	0.61050803	0.20350268	0.44	0.7242

Variable dependiente: CP

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	0.00208590	0.00208590	0.86	0.3566
P	3	0.19498342	0.06499447	26.92	0.0001
GEN*P	3	0.00091683	0.00030561	0.13	0.9440

Variable dependiente: MF

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	382.8125000	382.8125000	12.86	0.0007
P	3	951.1875000	317.0625000	10.65	0.0001
GEN*P	3	62.6375000	20.8791667	0.70	0.5553

Variable dependiente: ALT

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	950.131125	950.131125	24.08	0.0001
P	3	1944.253125	648.084375	16.42	0.0001
GEN*P	3	90.385625	30.128542	0.76	0.5193

Variable dependiente: PSF

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	886.08000	886.08000	2.54	0.1168
P	3	10435.08077	3478.36026	9.96	0.0001
GEN*P	3	337.93751	112.64584	0.32	0.8090

Variable dependiente: PSR

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	11.62050125	11.62050125	1.29	0.2610
P	3	99.49040625	33.16346875	3.68	0.0172
GEN*P	3	27.65577625	9.21859208	1.02	0.3896

Variable dependiente: REL

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	0.00028125	0.00028125	0.00	0.9847
P	3	10.40296875	3.46765625	4.55	0.0063
GEN*P	3	1.57509375	0.52503125	0.69	0.5624

Variable dependiente: NVP

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	14.450000	14.450000	0.07	0.7869
P	3	4034.375000	1344.791667	6.87	0.0005
GEN*P	3	24.825000	8.275000	0.04	0.9883

Variable dependiente: NSV

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	2.01771281	2.01771281	58.92	0.0001
P	3	0.14107969	0.04702656	1.37	0.2603
GEN*P	3	0.02445344	0.00815115	0.24	0.8695

Variable dependiente: PCS

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	353.4302812	353.4302812	56.20	0.0001
P	3	90.9742187	30.3247396	4.82	0.0047
GEN*P	3	5.3373438	1.7791146	0.28	0.8375

Variable dependiente: REN

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GEN	1	8711670.00	8711670.00	50.02	0.0001
P	3	16350189.17	5450063.06	31.29	0.0001
GEN*P	3	41009.81	13669.94	0.08	0.9714

Anexo 5. Resultados estadísticos de los parámetros utilizados en las ecuaciones de regresión en el estudio. Zamorano, Honduras, 1995.

Variable dependiente NN

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter		Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
		Estimate	Error		
INTERCEP	1	61.906250	5.34494659	11.582	0.0001
P	1	1.535469	0.21458760	7.155	0.0001
P2	1	-0.009051	0.00171369	-5.281	0.0001

Variable dependiente PSN

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter		Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
		Estimate	Error		
INTERCEP	1	0.161141	0.02486416	6.481	0.0001
P	1	0.006237	0.00099824	6.243	0.0001
P2	1	-0.000033936	0.00000797	-4.257	0.0001

Variable dependiente CN

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter		Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
		Estimate	Error		
INTERCEP	1	1.341100	0.10083084	13.300	0.0001
P	1	0.008338	0.00134741	6.188	0.0001

Variable dependiente CP

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter		Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
		Estimate	Error		
INTERCEP	1	0.079925	0.00993813	8.042	0.0001
P	1	0.001229	0.00013280	9.251	0.0001

Variable dependiente MF

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter		Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
		Estimate	Error		
INTERCEP	1	119.400000	1.06975082	111.615	0.0001
P	1	0.101406	0.01429515	7.094	0.0001

Variable dependiente ALT

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter		Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
		Estimate	Error		
INTERCEP	1	78.695625	1.68918783	46.588	0.0001
P	1	0.331688	0.06781710	4.891	0.0001
P2	1	-0.001789	0.00054158	-3.303	0.0016

Variable dependiente PSF

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter		Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
		Estimate	Error		
INTERCEP	1	44.497250	2.47313605	17.992	0.0001
P	1	0.226517	0.03304867	6.854	0.0001

Variable dependiente PSR

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter		Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
		Estimate	Error		
INTERCEP	1	9.342188	0.62529354	14.940	0.0001
P	1	0.026437	0.00835584	3.164	0.0024

Variable dependiente REL

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter		Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
		Estimate	Error		
INTERCEP	1	4.905000	0.16362920	29.976	0.0001
P	1	0.008484	0.00218659	3.880	0.0003

Variable dependiente NVP

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter		Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
		Estimate	Error		
INTERCEP	1	46.781250	2.52119168	18.555	0.0001
P	1	0.162500	0.03369084	4.823	0.0001

Variable dependiente NSV

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter		Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
		Estimate	Error		
INTERCEP	1	2.111000	0.05304803	39.794	0.0001
P	1	0.000939	0.00070888	1.325	0.1901

Variable dependiente PCS

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter Estimate	Error	Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
INTERCEP	1	15.349375	0.71126697	21.580	0.0001
P	1	0.025766	0.00950470	2.711	0.0087

Variable dependiente REN

Parámetros Estimados

Variable	DF	Parameter Estimate	Error	Standard Parameter=0	T for H0: Prob > T
INTERCEP	1	2186.615625	133.27876766	16.406	0.0001
P	1	20.175547	5.35084310	3.771	0.0004
P2	1	-0.078857	0.04273160	-1.845	0.0538

DATOS BIOGRÁFICOS DEL AUTOR

Nombre: Jorge Luis Pérez-Chacón Barragán.

Fecha de nacimiento: 1 de enero, de 1972.

Lugar de nacimiento: Sucre, Bolivia.

Dirección: Avenida Jaime Mendoza No 2550.

Teléfono (FAX): (591) (64) 30698

Educación:

Primaria	Colegio Sagrado Corazón de Jesus	1984
Secundaria	Colegio Sagrado Corazón de Jesus	1989
Universitaria	Escuela Agrícola Panamericana	Agr. 1994
	Escuela Agrícola Panamericana	Ing Agr. 1996

SELECCIÓN DEL DR. PÉREZ-CHACÓN BARRAGÁN
ESCUOLA AGRÍCOLA PANAMERICANA
AFILIADO 88
TELEFONO HONDURAS