RESPUESTA DE DOS CULTIVARES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L) A VARIOS NIVELES DE N Y P EN SOLUCIONES NUTRITIVAS

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Jesús Salvador Sotomayor Rivera

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales
Turrialba, Costa Rica
Julio, 1972

RESPUESTA DE DOS CULTIVARES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) A VARIOS NIVELES DE N Y P EN SOLUCIONES NUTRITIVAS

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA: _____ Consejero
José Fargas A., Ph.D.

_____ Comité
Antonio M. Pindhinat, Ph.D.

_____ Comité
Jorge Soria V., Ph.D.

_____ Comité
Adalberto Gorbitz, Ing. Agr.

Julio 1972

A Mariana, mi querida esposa

con todo mi cariño

A mis adorables hijos

Patricia

Jesús

A mis padres

Fernando y Sofía

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA por permitir realizar sus estudios de postgrado en su Centro Tropical de Enseñanza e Investigación de Turrialba, Costa Rica.

Al Dr. José Fargas, Consejero Principal, quien ofreció al autor no solo su generosa y amplia colaboración, sino que lo orientó y asesoró en todas las etapas del presente trabajo, facilitando las condiciones necesarias para el desarrollo y la culminación de este trabajo.

A los miembros del Comité Consejero, Drs. Antonio Pinchinat y Jorge Soria y al Ing. Adalberto Gorbitz, por las sugerencias aportadas en la corrección del presente trabajo.

Al Dr. Gilberto Páez, por sus oportunos consejos y colaboración en la interpretación estadística de los resultados de la tesis.

A los Drs. Eddie Echandi, David L. Strider y Pedro Sánchez y al Ing. Santiago Bocanegra, por el apoyo que le brindaron para hacer estudios de postgrado en el IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica.

A la Misión Agrícola de la Universidad de Carolina del Norte, USAID, por su ayuda económica.

Al Ministerio de Agricultura, Zona Agraria II, Lambayeque, de la República del Perú, por la licencia concedida durante sus estudios.

Al personal auxiliar del laboratorio de Fisiología Vegetal del IICA-CTEI, por su amplia colaboración durante la conducción de este trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo y hacer de su permanencia en el CTEI una experiencia provechosa para su vida profesional.

BIOGRAFIA

El autor nació en la provincia de Chota, Departamento de Cajamarca, de la República del Perú, el 17 de junio de 1940.

Cursó sus estudios primarios en la Escuela Fiscal de Varones No. 220 del Distrito de Mochumí. Realizó sus estudios Secundarios Técnicos en el Instituto Nacional Agropecuario de Jayanca. Sus estudios universitarios fueron cursados en la Universidad Nacional Agraria de La Molina, en Lima, donde obtuvo el título de Bachiller en Ciencias Agronomía, en el mes de julio de 1965. El año 1969 optó el título de Ingeniero Agrónomo en la misma universidad.

Entre 1965 y 1966, trabajó como profesor en el Instituto Nacional Agropecuario, en la ciudad de Cañete, Lima.

Entre 1966 y 1967 trabajó por el Convenio de Cooperación Técnica, Estadística y Cartografía, Universidad Nacional Agraria - Ministerio de Agricultura (hoy Oficina de Estadística, Ministerio de Agricultura).

Desde marzo de 1967 desempeña el cargo de Jefe del Departamento de Estadística Experimental y Especialista Zonal de Menestras del Ministerio de Agricultura, Zona Agraria II, Centro Regional de Investigaciones Agropecuarias del Norte, Lambayeque.

En setiembre de 1970, ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, gracias a una beca concedida por la Misión Agrícola de la Universidad de Carolina del Norte, USAID, realizando estudios de postgrado en el campo de Fitomejoramiento y recibiendo el grado de Magister Scientiae en julio de 1972.

CONTENIDO

página

LISTA DE CUADROS

LISTA DE FIGURAS

1. INTRODUCCION

El desarrollo y rendimiento alcanzado por una planta es el resultado de la acción e interacción de los factores genéticos y ambientales correspondientes. Para un determinado genotipo, el incremento en los rendimientos puede lograrse mediante ajustes en los factores ambientales particularmente en la disponibilidad de nutrimentos.

Investigaciones realizadas en el Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA-CTEI), sin embargo han demostrado que, en condiciones de campo, los cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) responden diferencialmente a la aplicación de nitrógeno y fósforo al suelo.

Por eso como paso previo a la evaluación del índice de hereditabilidad de ese comportamiento, se juzgó conveniente llevar a cabo el presente trabajo para establecer, bajo condiciones controladas, los niveles de nitrógeno y fósforo que permitan maximizar la diferencia de respuesta en rendimiento en dos cultivares de frijol. Además, en los cultivares elegidos, se estudiará el comportamiento de algunas características fisiológicas importantes por su relación con el rendimiento.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Necesidad de Nutrimentos en las Plantas

2.1.1 Aspectos generales

Debido a la importancia de las necesidades de nutrimentos de la planta de frijol, Fassbender (20) ha tabulado datos de varios investigadores, indicando que el frijol requiere grandes cantidades de nitrógeno, potasio y calcio, pero pequeñas cantidades de fósforo. El promedio de la relación de nutrimentos $N:P_2O_5:K_2O:S:Ca:Mg$ fue 1:0,22:0,70:0,027:0,30:0,053.

Estudiando la absorción y efecto de niveles variables de potasio en la solución nutritiva en el cultivo del frijol, Roo (49) concluyó que la absorción neta de N estuvo sujeta a la interacción con el potasio; en cambio los nutrimentos P, Ca y Mg se mantuvieron constantes en todos los tratamientos; además se hizo evidente que la mayor concentración de potasio se presentaba en los pecíolos. También se encontraron correlaciones más altas entre esta concentración de K y la producción de materia seca y el contenido disponible en el substrato.

Masaya (34), en experimentos con plantas de frijol en solución nutritiva Hoagland No. 2 y midiendo la cantidad absorbida de N, P, K, Ca, Mg y S cada siete días, durante el ciclo de crecimiento de la planta, observó que los elementos minerales fueron absorbidos más intensamente antes de y durante el inicio de la floración. Sin embargo, las plantas tomaron aún del medio

de cultivo cantidades apreciables de nutrimentos durante el tiempo en que los frutos crecieron. Los elementos absorbidos en mayores cantidades fueron nitrógeno, potasio y calcio.

En cuanto a la absorción de Ca y P por el frijol, Ehrler et al. (17) señalaron que la absorción de Ca está relacionada con la cantidad de P en la solución nutritiva; sin embargo, la absorción de P no depende del suplemento de Ca. Estos investigadores concluyeron que la cantidad de P en los meristemos se relaciona con la cantidad de Mg en la solución nutritiva, pero que es independiente de las cantidades de potasio, sulfato y nitrato.

Como resultado de las investigaciones llevadas a cabo para determinar la acumulación de elementos minerales en la planta de frijol en condiciones de suelo fertilizado y no fertilizado, Gallo y Miyasaka (22) observaron que las plantas acumulaban los elementos nutritivos a velocidad variable y alcanzaban su máxima concentración durante el período comprendido entre el inicio de la floración y el crecimiento de los frutos. Esta intensidad se registró entre los 33 a 44 días de edad. Para las plantas que crecían en el suelo fertilizado con macroelementos, la tasa máxima de acumulación de Mg y Ca ocurrió durante el intervalo de tiempo comprendido entre la floración y el crecimiento de los frutos; la de K, en el intervalo correspondiente a la parte inicial del crecimiento de los frutos y el de N, P y S, durante el final de dicho período. El elemento acumulado

en mayor cantidad fue el nitrógeno, seguido del calcio y del potasio siendo el P el elemento acumulado en menor cantidad.

En experimentos para determinar el porcentaje de nitrógeno en la parte aérea de cuatro variedades de soya, Erdman (19) encontró variaciones en las diferentes etapas de desarrollo de las plantas. Así mismo afirmó que en las primeras etapas se observaba un gradual decrecimiento en el porcentaje de nitrógeno el que posteriormente se incrementó hasta la maduración de los frutos.

Piper y Morse (45) analizaron la composición química de la soya en diferentes etapas de crecimiento. Encontraron que el porcentaje de nitrógeno era alto en las raíces, los tallos y las hojas, cuando las plantas estuvieron en completa floración pero progresivamente decreció, hasta que las plantas alcanzaron la maduración. Señalaron también que existe una transferencia de nitrógeno de las raíces, los tallos y las hojas para las semillas durante esta última etapa del desarrollo.

2.1.2 Respuesta al nitrógeno

El nitrógeno constituye un elemento básico en la composición de las proteinas vegetales, de la clorofila y de otros componentes importantes del metabolismo de la planta. Las necesidades de la planta en nitrógeno son generalmente altas. El frijol, al igual que varias otras especies leguminosas, a través de simbiosis con bacterias nitrificantes, fija el nitrógeno directamente de la atmosfera y en esa forma puede suplir las deficiencias del suelo.

Corriols (13), investigando el efecto de niveles de nitrógeno en la solución nutritiva sobre la floración en el frijol, observó que la cantidad de flores disminuía cuando los niveles eran bajos.

Experimentos llevados a cabo por Chacón (8), Iglesias (28), Quirce (46) y Soto (51) demostraron que el elemento nitrógeno aumentó el rendimiento del frijol en forma económica, que la inoculación de la semilla de frijol con bacterias nitrificantes (Nitragina D) era ineficaz y que una dosis inicial de N inhibía la nodulación. Vargas (54, 55) llegó a las mismas conclusiones.

2.1.3 Respuesta al fósforo

El fósforo, además de ser componente de las proteinas, enzimas y fosfatidas, juega un papel de gran importancia en la síntesis de esos compuestos. Afirman Sutcliffe (52), Laird y Nuñez (30), Demolon (15), Baeyens (3) y Cockefair (10) que el ión fosfato ejerce un efecto positivo sobre el crecimiento radical, el proceso de floración y el proceso de maduración de los frutos.

Estudiando el efecto de diferentes concentraciones de fósforo en la solución nutritiva, con el cultivar de frijol 'S-182N', Cordero (12) observó que, en general, los niveles comprendidos entre 1,6 y 25,6 ppm de P mostraron superioridad en cuanto a su efecto sobre la altura de las plantas, el volumen de raíces y el grosor de tallos. Conluyó que los niveles críticos están comprendidos entre 0,4 y 102,4 ppm de P.

En experimentos,realizados con fertilizantes a base de fósforo, Peck (41) demostró que la dosis adecuada de fósforo aumentó el tamaño de la semilla, vigor de la planta y el rendimiento en variedades de frijol para consumo en fresco.

Como resultado de un estudio para determinar la susceptibilidad a la deficiencia de Zn en los cultivares de frijol 'Sanilac' y 'Saginow', Ambler y Brown (1) concluyeron que la absorción mayor de Fe y P observada en 'Sanilac" pudo haber sido la causa de la susceptibilidad de este cultivar a la deficiencia de Zn.

En general el cultivo de frijol en América Latina responde al abonamiento con fosfatos, lo que parece ser una consecuencia de los bajos niveles de fósforo disponible en la mayoría de los suelos tropicales, como lo señalan Miyasaka et al. (36), Rodríguez y Rodríguez (48), Salazar (50), Tapia (53) y Vieira et al. (56).

2.1.4 Respuesta a combinaciones de nitrógeno y fósforo

Haag (23) comparando la respuesta de 124 líneas de frijol a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y fósforo, en condiciones de invernadero y campo, señaló que existe notable diferencia entre estas líneas en el rendimiento por planta, número de vainas por planta, número de semillas por vaina y peso de las semillas.

Martini y Pinchinat (33), Herrera (24), Tapia (53), Miyasaka et al. (37), Pessoa y Hernandez (42), Salazar (50), Rodríguez (47)

y Vieira et al. (56) encontraron que la respuesta del frijol al N en condiciones de suelos tropicales, eran muy variable, de nula a estadísticamente significativa; la respuesta al P fue significativa y casi no hubo respuesta al K.

Ensayos reportados por el PCCMCA (18) con diferentes variedades de frijol sometidos a niveles variables de N y P establecieron que el N es el elemento más importante, obteniéndose máximos rendimientos a los 40 kg/ha y que el elemento P y las interacciones NxP y VariedadesxN no presentaron significación estadística.

Echevarría (16) recomendó que a suelos sin fertilizar, pero con mayor potencial de N, como la serie Baudrit tipo arcilla arenosos fino de Costa Rica, debe aplicarse 50 kg/ha de N y 140 kg/ha de P_2O_5. A suelos que presentan menor contenido de nitrógeno se debe agregar la cantidad de 100 kg/ha de N y 140 kg/ha de P_2O_5.

En un ensayo con dos niveles de N, tres niveles de P y dos niveles de K y usando el cultivar 'Veranic 2', Rodríguez y Rodríguez (48) obtuvieron una respuesta de tendencia lineal para el N; y lineal y cuadrática para el fósforo y también para la interacción P x K. Esta última respuesta fue negativa, es decir el efecto de P fue mayor en ausencia de K. La mejor dosis de aplicación resultó ser 45:90:0 kg/ha.

Estudiando el efecto de tres fórmulas de abonamiento en los cultivares de frijol 'S-19-N', 'Jamapa", 'IAN 6662' y 'Rico',

Masaya (35) comprobó que dichos cultivares, a niveles crecientes de fertilizantes, no producían lo mismo y encontró un defecto depresivo en el rendimiento al pasar del nivel 40:40:0 al nivel 80:80:0 kg/ha. La aplicación de P_2O_5 sólo produjo un efecto depresivo en el rendimiento.

Pinchinat (43) encontró gran variabilidad en los resultados y bajos rendimientos en la mayoría de los ensayos de fertilización con N, P y K realizados en América Central. Observó que las aplicaciones de abono, particularmente los de NP aumentaron los rendimientos. También Pinchinat (44), Narvaez (40) y Rodríguez (47) señalaron que la fórmula aproximada de abonamiento de 10:30:0 kg/ha parece conveniente para muchos suelos donde se siembra frijol en América Central.

Experimentos llevados a cabo por Lizárraga (31) demostraron que la respuesta en rendimiento en grano a la aplicación de fertilizantes fueron positivos en cuatro países Centroamericanos y el rendimiento promedio alcanzado con las fórmulas NP y NPK fue mayor al que se obtuvo con nitrógeno solo.

Fassbender (20) indicó que las dosis efectivas de N, P y K presentaron grandes variaciones en América Latina. Las de N fluctuaron entre 0 y 100 kg/ha; las de P_2O_5 entre 0 y 200 kg/ha y las de K_2O entre 0 y 100 kg/ha.

2.2 Efecto de la Nutrición Mineral en la Fisiología de la Planta

2.2.1 Crecimiento y peso seco de raíces

Corriols (13) informó que el volumen del sistema radical del frijol no es afectado significativamente por los

tratamientos a base de N, sin embargo se notó una tendencia a aumentar dicho volumen con los suelos más bajos de N.

Cordero (12) observó que los tratamientos a base de P en cantidades variables en la solución nutritiva, provocaban una tendencia curvilínea altamente significativa en el grosor del tallo, la altura de la planta y el volumen y peso seco del sistema radical del frijol, presentando un pico acentuado que coincidió con el nivel de 6,4 ppm de P.

Roo (49) señaló que las diferencias en cuanto al volumen y peso seco de las raíces de frijol en relación con la nutrición fueron altamente significativas. Los niveles inferiores de potasio originaron un sistema radical pobre y el análisis estadístico demostró un efecto lineal positivo en el peso seco y en el volumen.

Bidduiph y Cory (4) expresaron que en condiciones de exceso de nitrógeno, las hojas inferiores de la planta de frijol dejan de suministrar carbohidratos a las raíces, provocando un decaimiento del sistema radical. Bosemark (5) a su vez, señaló que el nitrógeno abundante en la planta disminuye el crecimiento de las raíces al aumentar la síntesis de una hormona que reduce, según sugiere, el crecimiento radical. Afirma que la relación lípidos/nitrógeno juega un papel importante en este proceso.

Masaya (34) indicó que la tasa de crecimiento relativo de las raíces, los tallos y las hojas y su desarrollo fueron intensos durante las primeras semanas de vida de las plantas. Los

aumentos en peso de esos órganos fueron mayores antes y durante el inicio de la floración y alcanzaron pu peso máximo cuando se inició la floración.

2.2.2 Absorción de agua

Considerando la influencia de los elementos nutritivos en la absorción de agua en el frijol, Baeyens (3) señaló que los iones potásicos del suelo facilitan la absorción del agua por las raíces, disminuyendo su evapotranspiración. Por otro lado, el Ca frenó la absorción de agua por las raíces, aumentando la evapotranspiración. Mientras el potasio mejoró el balance hídrico de la planta, el calcio provocó una acción contraria. El Mg, desde el punto de vista de la inhibición de los coloides, se situó entre el K y Ca. El P parece disminuir la evapotranspiración al menos si el estado cálcico del suelo es satisfactorio. El nitrógeno estimuló la evapotranspiración, sobre todo en caso de abonos simples.

Estudiando el efecto de transpiración sobre la absorción de minerales en las plantas, Freeland (21) indica que un incremento en la absorción de agua resulta en un incremento en la absorción de minerales. Así mismo los diferentes iones minerales no se absorben en la misma relación y que la velocidad de absorción de cada uno varía con la especie de planta. En general, bajo condiciones de alta transpiración, el contenido de minerales se incrementó más en las raíces y hojas que en el tallo; el Ca y K fueron usualmente los más afectados.

Muenscher (38) observó que la intensidad de la transpiración se reducía debido al incremento de la humedad atmosférica, a la disminución de la intensidad de la luz y al aumento de la concentración de la solución nutritiva. Cuando el total de transpiración se redujo por el aumento de la concentración de la solución nutritiva, el total de contenido de Ca y K fue ligeramente reducido.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del Experimento

El estudio se realizó en los laboratorios e invernaderos del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del IICA, situado en Turrialba, Costa Rica, a una altitud de 602 m.s.n.m. Según Holdridge (27) el Centro se encuentra en una zona ecológica que corresponde a bosque subtropical húmedo con temperatura y precipitación anual promedia de 22,5 °C y 2600 mm respectivamente.

3.2 Condiciones Climáticas del Invernadero

El techo estaba confeccionado con lámina corrugada de plástico transparente y dejaba penetrar la luz a una intensidad promedio de 70.000 lux al medio día. Las paredes de malla plástica fina permitían una ventilación adecuada e impedían la entrada de insectos.

En el interior del invernadero se mantuvo permanentemente un higrotermógrafo para registrar las variaciones diurnas y nocturnas de temperatura y humedad relativa.

3.3 Cultivares Utilizados

Basándose en la clasificación de Haag (23) se seleccionaron dos cultivares de frijol para ser utilizados en este trabajo. En el experimento que sirvió de base para esa clasificación, los cultivares 'Tostado Manteca' y 'Jin II-B' presentaron respectivamente alta y baja respuesta al nitrógeno y al fósforo

en condiciones de invernadero y bajo la fórmula de abonamiento 10:30:0 kg/ha en los suelos de Pacuare, Costa Rica.

El cultivar 'Tostado Manteca' es de hipocótilo verde, crecimiento indeterminado, hojas grandes alternas de color verde oscuro, flores blancas, vainas pintadas que cambian de color al rojo, perdiéndose paulatinamente este color a medida que avanza la maduración, granos grandes de color amarillento con manchas color café; su ciclo vegetativo alcanza 120 días en condiciones de campo y 100 días en solución nutritiva e invernadero.

El cultivar 'Jin II-B' tiene el hipocótilo morado con pequeñas rayitas negras, crecimiento indeterminado, hojas más pequeñas que el cultivar 'Tostado Manteca' y de color verde, flores de color lila, vainas de color verde, granos pequeños, elípticos y de color bayo; su ciclo vegetativo es de 95 días en el campo y 83 días en solución nutritiva e invernadero.

3.4 Establecimiento del Experimento

3.4.1 Germinación

Se usaron dos hojas de papel de germinación de 18 x 18 cm previamente humedecido y se colocó una semilla entre ambas hojas cubriéndose exteriormente con dos hojas de polietileno negro del mismo tamaño, se enrolló el conjunto sobre si mismo en forma de tubo, colocándose luego verticalmente en un recipiente de 130 ml de capacidad lleno hasta la mitad con solución Hoagland No. 1 ([26]) a un quinto de la concentración original (Cuadro 6 del apéndice).

Cuando las plántulas empezaron a desarrollar fueron desplazadas hacia el borde superior de los pliegues de papel y polietileno para favorecer la iluminación del hipocótilo y provocar su enderezamiento. En esta forma se obtuvieron plántulas de buen desarrollo e hipocótilo recto, lo que era necesario para su colocación en los recipientes definitivos de ocho litros de capacidad.

Las plántulas permanecieron bajo estas condiciones durante ocho días.

3.4.2 Cultivo de las plantas en soluciones nutritivas

A los ocho días y cuando las plántulas medían aproximadamente 10 cm de altura, fueron colocadas en recipientes de plástico de 8 litros de capacidad que contenían solución nutritiva Hoagland No. 1 a media concentración, en la cual las plantas permanecieron durante 15 días.

La provisión de oxígeno a los recipientes se hizo por aireación a través de mangueras y capilares conectados a un compresor. El aire fue depurado a través de trampas de agua colocadas al extremo de las mesas sobre las que estaban los recipientes (Figura 1).

El traslado de las plantas a los recipientes definitivos se realizó envolviendo un pedazo de esponja plástica alrededor de su hipocótilo e introduciéndolas en uno de los agujeros de la tapa del recipiente. Posteriormente se eliminó la esponja y las plantitas fueron sujetadas por medio de un cordón de algodón a una abrazadera movible, colocada en el soporte pincipal (Figura 2).

FIGURA 1. Disposición de las macetas y soportes utilizados en el experimento. Plántulas del cultivar 'Tostado Manteca' al 7° día de colocadas en el recipiente definitivo y 15 días de poner las semillas a germinación.

FIGURA 2. Posición de una plántula del cultivar Jin II-B. Obsérvese la esponja de plástico que sostiene la plántula a la tapa del recipiente y la abrazadera con el cordón de algodón rodeando la base de los pecíolos cotiledonales.

3.4.3 Composición y aplicación de los tratamientos

Los tratamientos aplicados en el experimento se detallan en forma resumida en el Cuadro 1 y su composición química se anota en el Cuadro 7 del apéndice.

Se siguieron las recomendaciones de Bollard citado por Hewitt (25) para la preparación de los distintos tratamientos que contenían niveles variables de nitrógeno y fósforo pero menteniéndose uniforme la concentración de los elementos no estudiados excepto el azufre que fluctuó relativamente poco.

La renovación de las soluciones de todos los tratamientos se realizó cada quince días. El hierro y los microelementos se adicionaron a un intervalo de siete días y el pH se controló cada tres días para mantenerlo en 5,5. Las correcciones se hicieron con soluciones 0,1 N de NaOH o HCl. Las temperaturas diurnas y nocturnas de las soluciones fueron determinadas por medio de termómetros observándose variaciones entre 18 y 28 °C respectivamente.

3.5 Recolección de Datos

3.5.1 Componentes de rendimientos

Para cada tratamiento nutricional se contaron individualmente el número de vainas por planta y el número de semillas por vaina. Se determinó el peso de las semillas por medio de muestras al azar. Se tomaron al azar y se pesaron 100 semillas por tratamiento dentro de cada cultivar, ajustándose el peso obtenido sobre la base del 12 por ciento de humedad. La

Cuadro 1. Tratamientos de N y P y su tensión osmótica

Símbolos	Tratamientos (ppm)	Tensión osmótica (bares)
N_1P_1	56 N x 7,75 P	0,67
N_1P_2	56 N x 15,50 P	0,65
N_1P_3	56 N x 31,00 P	0,66
N_2P_1	112 N x 7,75 P	0,79
N_2P_2	112 N x 15,50 P	0,77
N_2P_3	112 N x 31,00 P	0,82
N_3P_1	224 N x 7,75 P	0,95
N_3P_2	224 N x 15,50 P	0,98
N_3P_3	224 N x 31,00 P	0,99
Adic. 1*	28 N x 3,88 P	0,59
Adic. 2*	448 N x 62,00 P	1,34

* Adic. = adicional

determinación del contenido de humedad se realizó con un medidor dieléctrico (marca Steinlite Modelo G).

Para obtener el rendimiento de cada tratamiento dentro de cada cultivar, se pesó la cantidad total de las semillas producidas.

3.5.2 Absorción de agua

La absorción de agua por la planta se midió en base a pérdida del volumen original de ocho litros de la solución

nutritiva. Se utilizó agua destilada para reponer dicho volumen lo cual se hacía con una probeta graduada que permitía el registro del volumen de agua consumida. Las reposiciones se hicieron cada tres días.

3.5.3 Volumen de raíces

La determinación del volumen de raíces se realizó en todas las plantas al final de la cosecha de cada tratamiento. Para eso, se empleó el aparato descrito por Jiménez *et al*. (29), haciéndole algunas modificaciones para adaptarlo al tamaño de las raíces y realizar mediciones más precisas.

Antes de efectuar las mediciones, se dejaron escurrir las raíces por 15 minutos para eliminar la solución en exceso.

3.5.4 Peso de materia seca de raíces

Después de concluídas las mediciones de volumen, las raíces fueron colocadas en una estufa a 70 °C durante 72 horas hasta obtener un peso seco constante.

3.5.5 Inicio de la floración

Con el fin de observar el posible efecto de los tratamientos en la época de floración de los cultivares de frijol se registró la fecha del inicio de la floración.

3.5.6 Absorción de nutrimentos

Los cambios de solución nutritiva se realizaron cada 15 días y antes de desechar las soluciones agotadas se analizaron para determinar por diferencia con las soluciones frescas la

absorción de los elementos minerales por parte de la planta.

3.5.6.1 Nitrógeno

El nitrógeno total se determinó por el método del micro-Kjeldahl utilizando destiladores del tipo propuesto por Müller (39).

3.5.6.2 Fósforo

Para determinar el fósforo se utilizó el método de Fishe y Subarrow modificado, citado por Chapman y Pratt (9). La modificación consistió en el uso de HCl en vez de H_2SO_4 como agente acidificante.

3.5.6.3 Potasio, calcio y Magnesio

Para determinar estos elementos se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer, modelo 303 (6, 14).

3.5.6.4 Azufre

Para la determinación de este elemento se utilizó el método de la Association of Official Agricultural Chemists de los Estados Unidos de América (2). Ese método se basa en la adición de $CaCl_2$, que forma un precipitado blanco estabilizado con una solución de 0,5% de goma arábica.

3.6 Diseño Experimental y Análisis de Datos

En lo relacionado con los tratamientos de nutrición, el experimento consistió en un arreglo factorial 3^2 + 2 adicionales, lo cual fue estudiado en los dos cultivares. El diseño experimental utilizado fue el irrestrictamente al azar, con

cuatro observaciones por tratamiento de fertilizantes. La unidad experimental fue una planta. El número total de plantas o parcelas fue de 88.

Para estimar el rendimiento óptimo de cada cultivar se analizaron los tratamientos por el método de superficie de respuesta, cuyo modelo estadístico fue ajustado a la siguiente ecuación (11):

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X_{1i} + b_2X_{2i} + b_{11}X_{1i}^2 + b_{22}X_{2i}^2 + b_{12}X_{1i}X_{2i}$$

en donde:

$\hat{Y}$ = rendimiento estimado

X_{1i} = niveles de N

X_{2i} = niveles de P

b_0 = intersección en Y

b_1 = coeficiente de regresión lineal para el N

b_2 = coeficiente de regresión lineal para el P

b_{11} = coeficiente de regresión cuadrática para el N

b_{22} = coeficiente de regresión cuadrática para el P

b_{12} = coeficiente de regresión cuadrática mixta (N y P)

La información restante en este experimento fue también estadísticamente analizada, empleándose el análisis de la varianza, descomponiendo en grados de libertad individuales el componente principal de la suma de cuadrados de los tratamientos.

Se estudiaron las correlaciones entre rendimiento y las varias características ya anotadas para cada cultivar.

La interpretación de los datos se hizo por tendencias y diferencia mínima significativa al nivel de 5% de probabilidad.

4. RESULTADOS

4.1 Observaciones Generales

Los quince primeros días que permanecieron en la solución nutritiva Hoagland Nº 1, a mitad de la concentración original, las plántulas presentaron un desarrollo uniforme dentro de los cultivares y no mostraron síntomas de marchitamiento. El consumo de los elementos mayores no presentó mucha variación, por lo que se consideró que las plántulas estaban en condiciones apropiadas para proceder al primer cambio de las soluciones nutritivas y aplicar los tratamientos. Durante el período de floración y de completa formación de los frutos se presentaron más notorios los síntomas de deficiencia de nitrógeno y fósforo en los tratamientos Adic. 1, N_1P_1, N_1P_2, N_1P_3, N_2P_1, N_3P_1.

En las Figuras 3 y 4 se muestran los síntomas típicos encontrados en el tratamiento Adic. 1 en los dos cultivares estudiados consistiendo en follaje de tamaño reducido, clorosis general y abundantes puntuaciones necróticas. La caída de las hojas en este tratamiento fue más intensa cuando la planta llegó a la fructificación. En los tratamientos N_3P_2, N_3P_3 y Adic. 2, no se presentaron los síntomas descritos y el desarrollo de las plantas fue normal.

Igualmente el desarrollo de las plantas, la formación de flores, número de frutos por planta en el tratamiento Adic. 1 en ambos cultivares no fue normal en comparación con lo observado en las plantas con los tratamientos N_3P_2, N_3P_3 y Adic. 2.

FIGURA 3. Aspecto general y en detalle de una planta del cultivar 'Jin II-B' de 60 días en deficiencia de N + P provocado por el tratamiento Adicional 1. El follaje luce clorótico con abundantes áreas necróticas pequeñas.

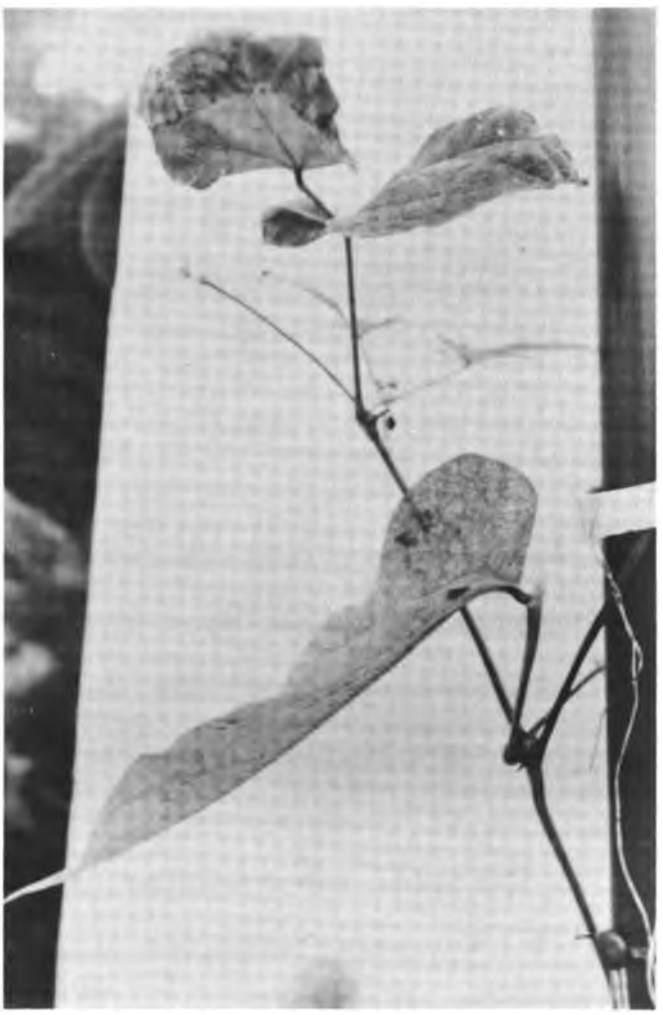


FIGURA 4. Detalle del síntoma de deficiencia de N + P en hojas jóvenes de 'Tostado Manteca' provocado por el tratamiento Adicional 1. Nótese la deformación y curvatura de los limbos foliares. Plantas de 68 días.

Cuando las plantas tenían 14, 31 y 48 días respectivamente, se constató la presencia, en forma esporádica, de arañita roja (Tetranychus sp.) y mildiú (Erysiphe polygoni DC ex Merat) que se controlaron con Ekatin y Karathane en dosis 1 cc/l y 0,05 %, respectivamente, para evitar su deseminación.

En los tratamientos con dosis altas de nitrógeno y fósforo las plantas no llegaron a senectud al mismo tiempo que las vainas, permaneciendo verdes hasta que sus vainas maduraron completamente y fueron cosechadas. Por otro lado, con las dosis de baja concentración de nitrógeno y fósforo las plantas mostraron el inicio de la senectud al mismo tiempo que la maduración de sus vainas produciéndose un amarillamiento y abscisión del follaje.

La fecha en que se inició la floración en los cultivares estudiados no varió bajo efecto de los tratamientos.

En el Cuadro 8 del apéndice se presenta un resumen cronológico del desarrollo de las plantas y de las labores realizadas en cada fecha.

4.2 Condiciones del Invernadero

Las diferencias en las temperaturas máximas y mínimas de dentro y fuera del invernadero fueron de poca magnitud, manteniéndose cierto grado de paralelismo en sus valores durante el transcurso del experimento, por lo que se consideró que el ensayo no fue afectado por grandes diferencias de temperatura en relación con el exterior. Los datos de humedad relativa del interior y exterior del invernadero también fueron muy semejantes. En el

Cuadro 5 y Figura 24 del apéndice se puede observar en detalle las tendencias de condiciones ambientales que predominaron durante el experimento.

La intensidad de la luz en el invernadero al medio día con cielo despejado alcanzó 70,000 lux aproximadamente; fuera del invernadero, en las mismas condiciones, la intensidad de luz fue de 100,000 lux. Esta diferencia se acentuó en las primeras horas de la mañana y al atardecer debido a que el plástico del techo es corrugado y envejecido, por esta razón las plantas mostraron cierta tendencia al alargamiento de entrenudos y aumento de área foliar.

4.3 Efecto de las Combinaciones de N y P en la Planta de Frijol

4.3.1 Rendimiento

4.3.1.1 Superficie de respuesta en 'Jin II-B'

De acuerdo al resultado del análisis de la variancia que se presenta en el Cuadro 9 del apéndice, se observa que los rendimientos de frijol respondieron en forma lineal a las variaciones de los elementos nitrógeno y fósforo. Sin embargo, se destaca el hecho de que los niveles de fósforo no guardaron relación con el rendimiento (r=0,820).

Para apreciar con mayor claridad el efecto sobre el rendimiento de los diferentes niveles de nitrógeno y fósforo se procedió a hacer un análisis de superficie de respuesta, tal como se describe a continuación:

$$\hat{Y} = 2{,}06689 + 0{,}375362X_{1i} + 1{,}478309X_{2i} - 0{,}001201X_{1i}^2 - 0{,}038857X_{2i}^2 + 0{,}003109X_{1i}X_{2i}$$

donde:

$\hat{Y}$ = Rendimiento estimado (g/planta)

X_{1i} = Niveles de nitrógeno

X_{2i} = Niveles de fósforo

Esta ecuación describe el rendimiento de acuerdo a los niveles de nitrógeno y fósforo (Figura 5). Las tendencias lineales fueron positivas y significativas; sin embargo, el aumento de rendimiento no fue constante sino que se vió afectado en cierto punto a niveles altos de nitrógeno y fósforo. Esto quiere decir que existió un óptimo en los niveles de nitrógeno y un óptimo en los niveles de fósforo. Los puntos estacionarios que correspondieron a altos niveles óptimos se pudieron calcular fácilmente mediante las siguientes ecuaciones:

$$\frac{d\,\hat{Y}_i}{d\,\hat{X}_1} = 0 \qquad\qquad \frac{d\,\hat{Y}_i}{d\,\hat{X}_2} = 0$$

Resolviendo directamente ambas ecuaciones se obtuvieron los valores de nivel de nitrógeno y nivel de fósforo que maximizan el rendimiento:

$\hat{X}_1$ = 190,772

$\hat{X}_2$ = 26,655

Puesto que las segundas derivadas de las ecuaciones de la función de respuesta con respecto a X_{1i} y X_{2i} fueron negativas, los valores de $\hat{X}_1$ y $\hat{X}_2$ estimados representaron los puntos que produjeron los máximos efectos positivos. El rendimiento logrado fue de 57,574 g obteniéndose con el nivel de nitrógeno 190,772

$$Y = 2{,}06689 + 0{,}375362X_{1i} + 1{,}478309X_{2i} - 0{,}001201X_{1i}^2 - 0{,}038857X_{2i}^2 + 0{,}003109X_{1i}X_{2i}$$

$$R^2 = 0{,}979$$

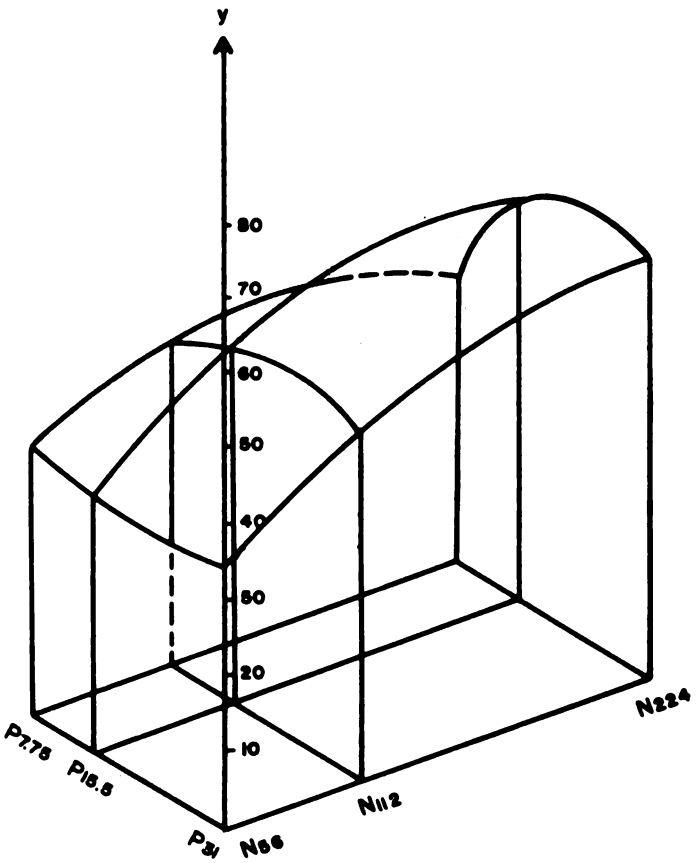


Fig.—5 Superficie de respuesta de rendimiento a 3 niveles de nitrógeno y 3 niveles de fósforo en el cultivar Jin IIB

ppm y el nivel de fósforo 26,655 ppm. A partir de este punto la respuesta declinó para cualquier otra combinación de niveles de nitrógeno y fósforo.

La confiabilidad de la superficie de respuesta fue satisfactoria ya que su valor fue alto ($\hat{R}^2$= 0,979). Al realizar el análisis discriminatorio se determinó que el elemento nitrógeno fue más importante que el elemento fósforo en su efecto sobre los rendimientos.

4.3.1.2 Superficie de respuesta en Tostado Manteca

En forma semejante, en lo que se refiere a las variables de respuesta que afectaron los rendimientos del cultivar 'Jin II-B', los elementos nitrógeno y fósforo presentaron respuesta lineal significativa en el cultivar 'Tostado Manteca', como se puede observar en el Cuadro 9 del apéndice. Así mismo los niveles de fósforo no guardaron relación con las variaciones en rendimiento (r= 0,842). Posteriormente se ajustó la superficie a una ecuación de segundo orden y se procedió en igual forma que para 'Jin II-B'.

La superficie cuadrática estimada tuvo la siguiente forma:

$$\hat{Y} = - 7,068370 + 0,509572X_{1i} + 1,778530X_{2i} - 0,001344X_{1i}^2 - 0,043318X_{2i}^2 + 0,002685X_{1i}X_{2i}$$

Como se puede apreciar en esta ecuación, los efectos de los niveles de nitrógeno y niveles de fósforo sobre el rendimiento por planta son muy marcados en el cultivar 'Tostado Manteca'. Esto puede observarse en forma gráfica en la Figura 6.

$$Y = -7{,}06837 + 0{,}509572X_{1i} + 1{,}778530X_{2i} - 0{,}001344X_{1i}^2 - 0{,}043318X_{2i}^2 + 0{,}002685X_{1i}\ X_{2i}$$

$R^2 = 0{,}941$

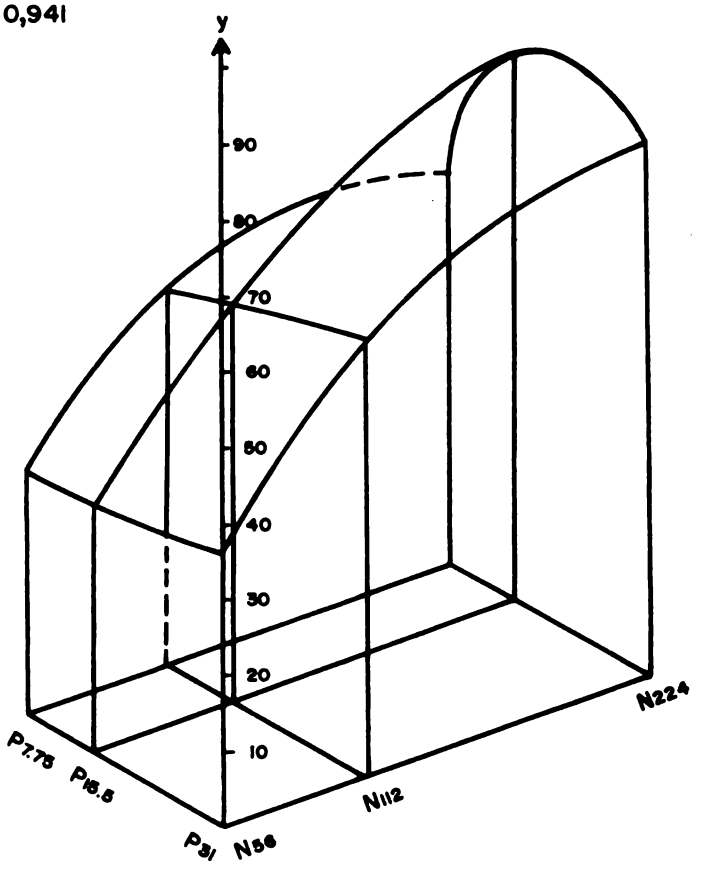


Fig. — 6. Superficie de respuesta de rendimiento a 3 niveles de nitrógeno y 3 niveles de fósforo en el cultivar Tostado manteca.

Para estimar el punto donde la superficie alcanza su mayor altura correspondiente al rendimiento máximo se procedió de la misma forma que en el caso anterior.

$$\frac{d\,\hat{Y}_i}{d\,\hat{X}_1} = 0 \qquad\qquad \frac{d\,\hat{Y}_i}{d\,\hat{X}_2} = 0$$

Resolviendo directamente las ecuaciones, se obtuvieron los valores de nivel de nitrógeno y nivel de fósforo que maximizan el rendimiento

$$\hat{X}_1 = 216{,}797 \qquad\qquad \hat{X}_2 = 27{,}255$$

El máximo rendimiento obtenido bajo la acción de los niveles de nitrógeno y fósforo en el cultivar 'Tostado Manteca' fue de 72,3967 g lo que constituye una diferencia notable comparado con el valor correspondiente para el cultivar 'Jin II-B' que fue de 57,5749 g por planta. El análisis discriminatorio mostró que también el elemento nitrógeno fue más importante que el fósforo en este caso. La confiabilidad indicó un buen ajuste de la ecuación cuadrática ($\hat{R}^2$= 0,941).

4.3.1.3 Análisis conjunto de los dos cultivares

En el Cuadro 10 del apéndice se presenta un resumen del análisis de variancia de los rendimientos en peso de grano por planta corregido al 12 por ciento de humedad.

Al analizar los resultados mostrados en el Cuadro 2 se notó que el tratamiento N_3P_3 produjo diferencias significativas con respecto a los tratamientos Adic. 1, N_1P_1, N_1P_2, N_1P_3, N_2P_1, N_3P_1 y Adic. 2, dentro del cultivar 'Jin II-B'. En

Cuadro 2. Valores promedios de las repeticiones dentro de cada variable estudiada, clasificados por cultivares y niveles de N y P
Se incluye el DMS.

Variables estudiadas	Jin II-B (C_1)									Tostado Manteca (C_2)									Jin II-B (C_1)		Tostado Manteca (C_2)		DMS 0,05					
	N_1 = 56 ppm			N_2 = 112 ppm			N_3 = 224 ppm			N_1 = 56 ppm			N_2 = 112 ppm			N_3 = 224 ppm			Adic. 1	Adic. 2	Adic.1	Adic. 2	Tratamientos	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Interacción (VN)	Interacción (VP)	Interacción (NP)
	P_1 7,75 ppm	P_2 15,5 ppm	P_3 31,0 ppm	P_1 7,75 ppm	P_2 15,5 ppm	P_3 31,0 ppm	P_1 7,75 ppm	P_2 15,5 ppm	P_3 31,0 ppm	P_1 7,75 ppm	P_2 15,5 ppm	P_3 31,0 ppm	P_1 7,75 ppm	P_2 15,5 ppm	P_3 31,0 ppm	P_1 7,75 ppm	P_2 15,5 ppm	P_3 31,0 ppm	N= 28 ppm P= 3,88 ppm	N=448 ppm P= 62 ppm	N= 28 ppm P= 3,88 ppm	N=448 ppm P= 62 ppm						
Rendimiento de grano seco/planta (g)	30,4	33,7	34,1	41,7	48,4	47,2	37,9	51,8	55,7	32,0	33,5	36,0	48,6	51,7	57,3	51,1	72,8	69,5	18,5	32,0	12,5	44,5	10,9	4,4	4,4	8,5	-	11,0
Número de vainas por planta	17,3	19,3	19,8	23,8	24,3	21,0	20,3	24,5	26,3	15,0	14,3	14,3	15,5	16,8	17,5	17,0	20,0	21,3	13,8	17,5	6,5	14,3	4,2	1,7	-	-	-	-
Promedio de número de semillas/ vaina.	5,7	5,7	5,9	5,8	5,7	5,8	5,6	6,0	6,0	3,4	3,7	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,3	3,9	5,2	5,8	3,4	4,0	0,6	-	-	-	-	-
Peso de 100 semillas (g)	31,8	31,2	30,4	34,6	35,9	36,7	34,3	38,2	36,4	62,4	64,7	62,2	76,9	81,3	77,6	74,2	84,0	80,2	26,4	31,7	63,5	91,4	4,7	1,9	1,9	3,9	-	-
Absorción de agua (l)	18,3	18,6	19,3	20,3	27,2	25,4	22,4	29,0	30,9	23,5	24,1	25,7	30,4	31,1	31,6	31,3	36,3	38,7	13,1	18,7	12,9	33,6	5,5	2,8	2,3	-	-	-
Volumen de raíces (ml)	62,0	42,9	54,0	87,8	148,0	145,5	152,0	147,0	169,5	125,0	127,0	150,5	158,5	175,0	153,0	171,8	160,0	207,5	48,0	99,4	86,3	218,3	53,2	22,5	-	43,4	-	-
Peso seco de las raíces (g)	3,5	2,7	2,7	4,5	6,1	5,9	7,0	8,9	7,1	5,7	[illegible]	7,6	8,6	8,3	8,2	9,2	7,9	9,0	2,3	3,9	3,5	8,7	2,2	0,9	-	-	-	-
Total Nitrógeno absorbido (ppm)	282,8	276,4	268,3	374,3	460,4	492,8	504,4	633,7	664,0	302,2	314,9	321,8	495,9	455,8	474,2	607,7	684,6	682,1	160,1	481,8	177,7	1029,3	99,9	40,7	40,7	-	-	-
Total Fósforo absorbido (ppm)	28,4	45,1	54,3	28,6	57,4	84,4	29,3	57,4	99,8	28,2	55,1	96,3	30,9	59,4	104,3	30,0	57,1	110,7	16,6	75,1	18,6	159,4	12,3	5,0	5,0	9,8	9,8	12,4
Total Potasio absorbido (ppm)	248,7	286,0	259,5	311,2	386,5	392,3	319,3	430,0	495,8	335,3	332,8	356,5	394,2	440,8	411,8	365,8	448,3	481,5	230,9	288,0	189,4	450,5	s i n	a n á l i s i s		e s t a d í s t i c o		
Total Calcio absorbido (ppm)	93,3	97,8	106,5	119,0	123,3	139,5	104,0	136,3	148,8	117,0	121,0	125,8	143,0	161,5	160,8	131,5	153,5	174,3	117,5	105,0	126,0	133,5	"	"			"	
Total Magnesio absorbido (ppm)	34,5	45,3	41,4	40,7	60,3	63,1	44,8	67,1	68,5	59,4	48,7	61,5	67,9	60,4	53,6	53,6	62,0	69,7	50,0	38,8	46,2	86,7	"	"			"	
Total Azufre absorbido (ppm)	60,3	115,5	73,5	73,3	117,3	111,5	97,8	125,8	106,8	99,5	96,8	96,0	100,3	122,0	125,5	97,0	130,0	141,0	105,3	79,8	92,5	131,8	"	"			"	

las Figuras 7 y 8 se puede apreciar la superioridad del tratamiento N_3P_3 en cuanto al aspecto vegetativo, altura de planta, número de vainas, tamaño y color de hoja y el grosor del tallo, comparado con los tratamientos Adic. 1 y N_1P_1. Entre las plantas con los tratamientos N_3P_3 y Adic. 2 no se observaron diferencias en el aspecto general de ellas pero al concluir el experimento los rendimientos mostraron diferencias significativas a favor del tratamiento N_3P_3.

Comparando las medias de los tratamientos N_2P_2, N_2P_3, N_3P_2 y N_3P_3 dentro del cultivar 'Jin II-B' se notó que las diferencias no superaron el DMS al 5 por ciento de probabilidades, por lo que se considera que los rendimientos en esos casos fueron estadísticamente semejantes. En cambio el rendimiento del tratamiento N_2P_2 superó de manera significativa al de los tratamientos Adic. 1, N_1P_1, N_1P_2, N_1P_3 y Adic. 2. El tratamiento Adic. 1 fue inferior en forma significativa a los tratamientos N_1P_1, N_1P_2 y N_1P_3 y estos tres tratamientos fueron iguales en su efecto.

Las diferencias en rendimiento por efecto de los tratamientos N_3P_3 y N_3P_2, dentro del cultivar 'Tostado Manteca', en comparación con los tratamientos Adic. 1, N_1P_1, N_1P_2, N_1P_3, N_2P_1, N_2P_2, N_2P_3, N_3P_1 y Adic. 2 fueron significativas a favor de los primeros tratamientos, como se puede observar en el Cuadro 2 y las Figuras 9 y 10.

Al comparar los rendimientos bajo efecto de los tratamientos N_3P_2 y N_3P_3 dentro del cultivar 'Tostado Manteca' no se encontró diferencia significativa. En cambio los rendimientos con

FIGURA 7. Aspecto contrastante por efecto de dos tratamientos en el cultivar 'Jin II-B'. Plantas de 55 días. Tratamientos Adic. 1 (N-28 ppm; P-3,88 ppm) y N_3P_3 (N-224 ppm; P-31 ppm).

FIGURA 8. Comparación de dos tratamientos en el cultivar 'Jin II-B' a los 55 días. Tratamientos N_1P_1 (N-56 ppm; P-7,75 ppm) y N_3P_3 (N-224 ppm; P-31 ppm).

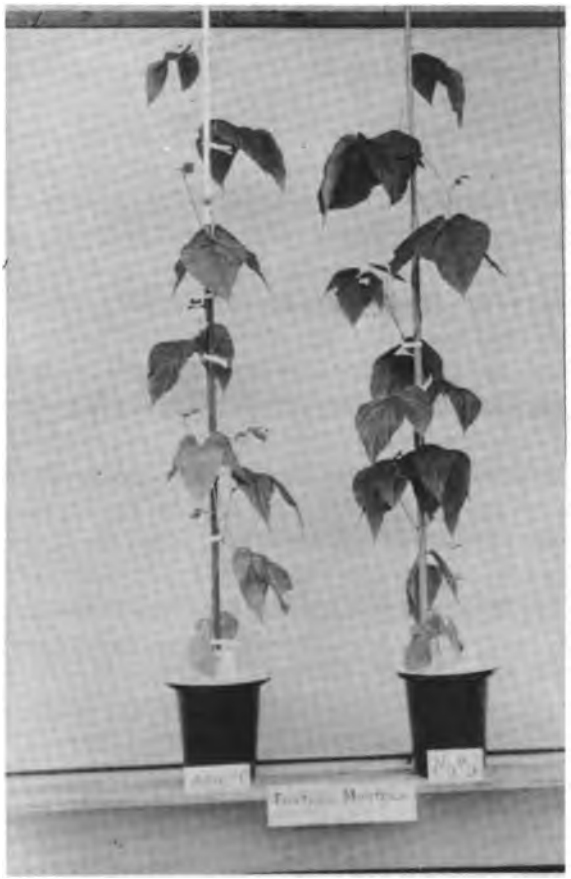


FIGURA 9. Plantas de 37 días del cultivar 'Tostado Manteca'. Tratamientos: Adic. 1 (N-58 ppm; P-3,88 ppm) y N_3P_3 (N-224 ppm; P-31 ppm). Nótese la clorosis y reducida área foliar producidas por la deficiencia de N y P.

FIGURA 10. Comparación de dos tratamientos con dosis extremas de N y P en plantas del cultivar 'Tostado Manteca' de 83 días de edad. Se observa el marcado contraste en follaje y coloración. Tratamientos: N_3P_3 (N-224 ppm; P-31 ppm) y N_1P_1 (N-56 ppm; P-7,75 ppm).

los tratamientos N_1P_1, N_1P_2 y N_1P_3 fueron significativamente superiores al del Adic. 1. El efecto del tratamiento Adic. 2 fue igual al de N_1P_3, como se puede observar en el Cuadro 2.

Si se analiza en detalle el efecto de los tratamientos N_3P_3, N_3P_2 y N_3P_1 de ambos cultivares estudiados, se puede observar que los rendimientos muestran entre si diferencias significativas, siendo N_3P_2 del cultivar 'Tostado Manteca' el que mostró mayor rendimiento. Comparando la media general del rendimiento del cultivar 'Tostado Manteca' (50,3 g) con su similar 'Jin II-B' (42,3 g) se comprobó la superioridad estadística de la primera.

En la Figura 11 se muestran las tendencias en rendimiento en ambos cultivares producidas por los diferentes niveles de N pudiéndose observar los efectos lineales. Así mismo se puede determinar que las medias en rendimiento de los cultivares fueron altas cuando los niveles de N aumentaron; el máximo efecto se produjo en el cultivar 'Tostado Manteca' en la dosis 224 ppm.

No se encontraron diferencias significativas en la interacción cultivares por niveles de P (Figura 12).

Igualmente la interacción niveles de N por niveles de P resultó altamente significativa (Cuadros 2 y 10 del apéndice y Figura 13); esto hace que se prefiera el estudio de los efectos simples de N en cada nivel de P y viceversa. La interacción de $N_1 \times P_1$ sobre el rendimiento indica que hubieron diferencias entre las pendientes de N_1 en P_1 y N_1 en P_3. En cambio la significación de $N_1 \times P_q$ indica que se presentó heterogeneidad en la variación de la pendiente de N al pasar de P_1 a P_2 y P_3.

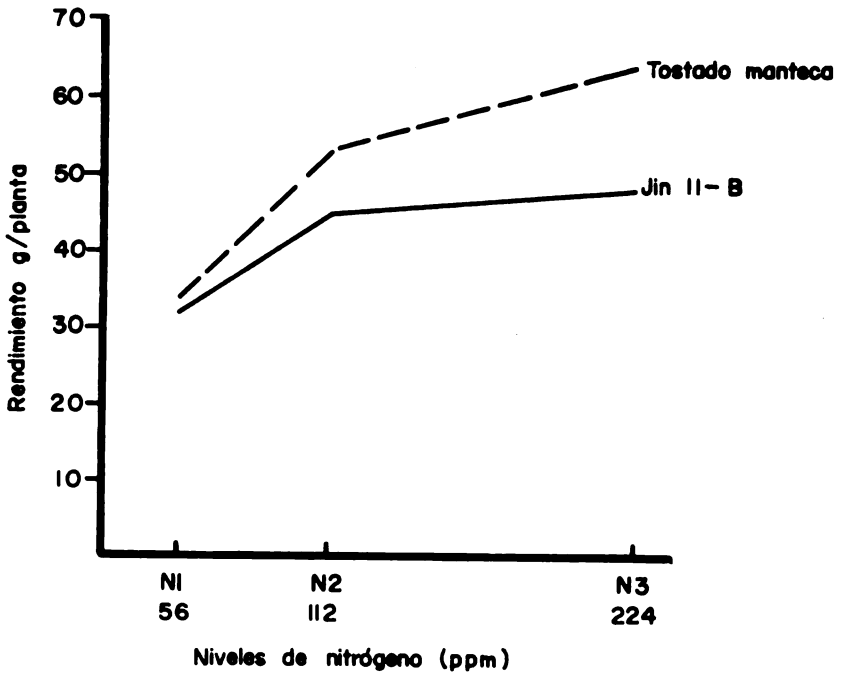


Fig.- 11. Rendimiento de los cultivares estudiados con diferentes niveles de N.

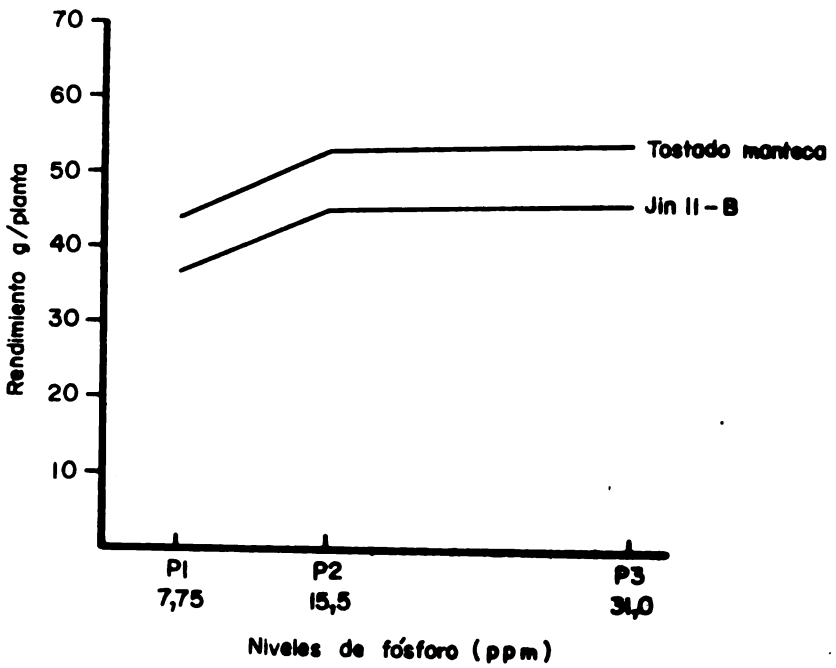


Fig.- 12. Rendimiento de los cultivares estudiados con diferentes niveles de P.

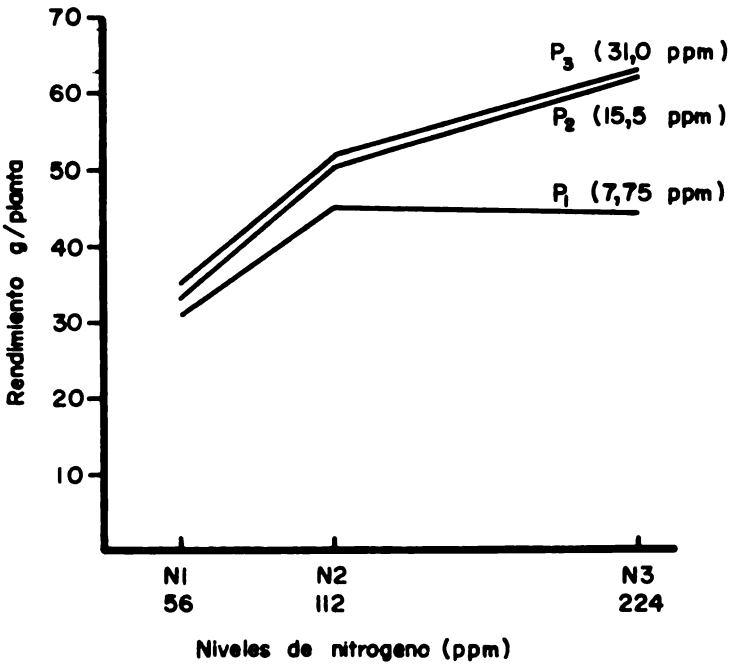


Fig – 13. Tendencia general de la interacción niveles de nitrógeno por niveles de P sobre el rendimiento.

El promedio del rendimiento de la parte factorial resultó altamente significativo en comparación con el promedio de la parte adicional. Comparando la parte adicional del cultivar 'Jin II-B' con 'Tostado Manteca', se observó que las diferencias entre éstas no fueron significativas lo cual se puede notar en el Cuadro 2. Las comparaciones entre los adicionales dentro de los cultivares 'Jin II-B' y 'Tostado Manteca' exhibieron respuestas de rendimiento altamente significativas a favor del tratamiento Adic. 2.

4.3.2 Número de vainas por planta

El análisis de variancia del número de vainas por planta producidas por los cultivares 'Jin II-B' y 'Tostado Manteca' bajo diferentes combinaciones de N y P (Cuadro 10 del apéndice) muestra que hubieron respuestas diferenciales por efecto de los tratamientos. Para la discriminación de las mejores combinaciones se presentan las medias de los tratamientos y su DMS al nivel de 5 por ciento de probabilidades en el Cuadro 2. En los tratamientos con bajos niveles de N (Figuras 8 y 10) se observa una escasa cantidad de vainas por planta; pero con los niveles altos de N y P, como en los tratamientos N_3P_2 y N_3P_3, la cantidad de vainas aumentó significativamente en relación a la de los tratamientos Adic. 1, N_1P_1, N_1P_2 y N_1P_3 en ambos cultivares. El efecto del tratamiento N_3P_3 en el cultivar 'Jin II-B' fue significativamente superior, si se compara con el mismo tratamiento en el cultivar 'Tostado Manteca'.

Del Cuadro 2 se puede deducir la manera como fluctuó el número de vainas por planta, en función de los niveles de concentración del N en el substrato. La cantidad de vainas por planta aumentó linealmente en forma significativa de acuerdo al nivel de N hasta N_2; luego el efecto de los niveles N_2 y N_3 mantuvieron cierta diferencia que no fue significativa.

El efecto sobre el número de vainas de los tratamientos Adic. 1 y Adic. 2 en el cultivar 'Jin II-B' no fue significativo; pero, en el cultivar 'Tostado Manteca' dicho efecto sí fue significativo.

4.3.3 Número de semillas por vaina

Las fluctuaciones de este componente del rendimiento producidas por los tratamientos fueron significativas, como se puede notar en el Cuadro 10 del apéndice. En el Cuadro 2 se presenta el promedio de semillas por vaina del cultivar 'Jin II-B' que fue de 5,777 y este valor superó significativamente al valor de 3,982 del cultivar 'Tostado Manteca'. El análisis de los datos del Cuadro 2 muestra que el número de semillas por vaina en los tratamientos N_3P_3 y N_3P_2 del cultivar 'Jin II-B' superó significativamente al del tratamiento Adic. 1; pero mantuvo un número de semillas por vaina semejante al de los otros tratamientos. El efecto de tratamiento N_3P_2 superó en forma significativa solamente los tratamientos Adic. 1 y N_1P_1 dentro del cultivar 'Tostado Manteca'.

Los tratamientos adicionales produjeron aumentos significativamente superiores en el cultivar 'Jin II-B' que en 'Tostado

Manteca'. Pero considerando el efecto de los adicionales dentro de cada cultivar, dicho efecto no fue significativo. De esto se concluye que el efecto de muy altos o muy bajos niveles de N y P fue nulo para afectar el número de semillas por vaina. Sin embargo, comparando el efecto de los tratamientos adicionales con el efecto de los de la parte factorial, hubo significación estadística a favor de éste último.

4.3.4 Peso de 100 semillas

El Cuadro 2 muestra, en forma resumida, los promedios de esta característica y sus DMS al 5 por ciento de probabilidades. Si se analizan estos resultados se notará que los efectos de todos los tratamientos en el cultivar 'Tostado Manteca' fueron superiores estadísticamente a los del cultivar 'Jin II-B' (Cuadro 10 del apéndice).

Dentro del cultivar 'Tostado Manteca' el efecto de los tratamientos N_2P_2, N_2P_3, N_3P_2 y N_3P_3 fueron superiores significativamente a los tratamientos Adic. 1, N_1P_1, N_1P_2 y N_1P_3 con excepción del Adic. 2 que superó a los primeros.

En el caso del cultivar 'Jin II-B' los efectos de los tratamientos N_3P_2 y N_3P_3 fueron significativamente superiores a los de Adic. 1 y N_1P_3; sin embargo, no superaron estadísticamente al resto de los tratamientos.

Si se compara el efecto sobre el peso de 100 semillas de los tratamientos N_3P_1, N_3P_2 y N_3P_3 en el cultivar 'Tostado Manteca', con estos mismos tratamientos pero en el cultivar 'Jin II-B', se observa que los primeros fueron significativamente

superiores, pero en caso del tratamiento N_3P_2 las diferencias entre los valores obtenidos fue mayor.

En las Figuras 14 y 15 se puede observar que el tamaño de los granos, y por consiguiente en el peso de 100 semillas de ellos, varió con los tratamientos dentro de cada cultivar.

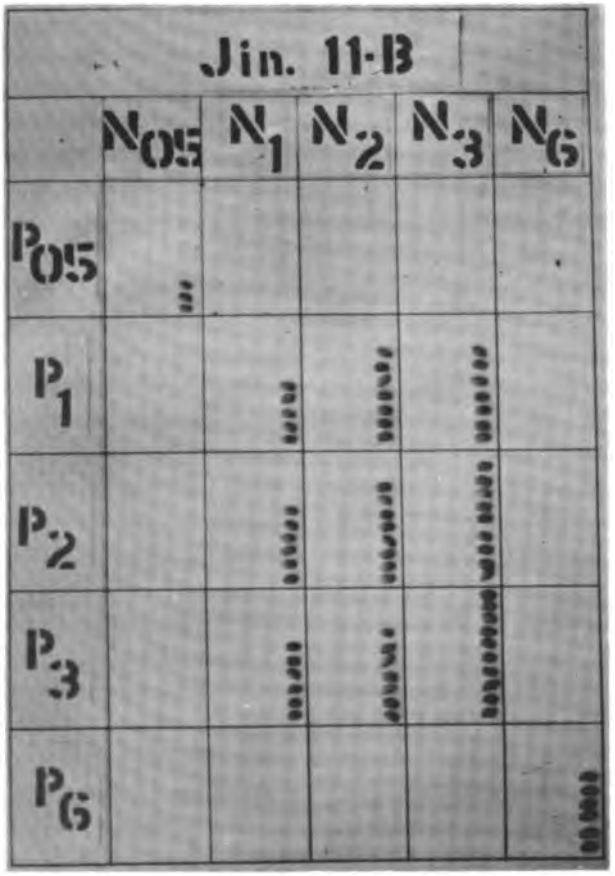
Se determinó la presencia de interacción entre Cultivares x N (Figura 16), siendo altamente significativas las N_1 x N_q, respectiamente.

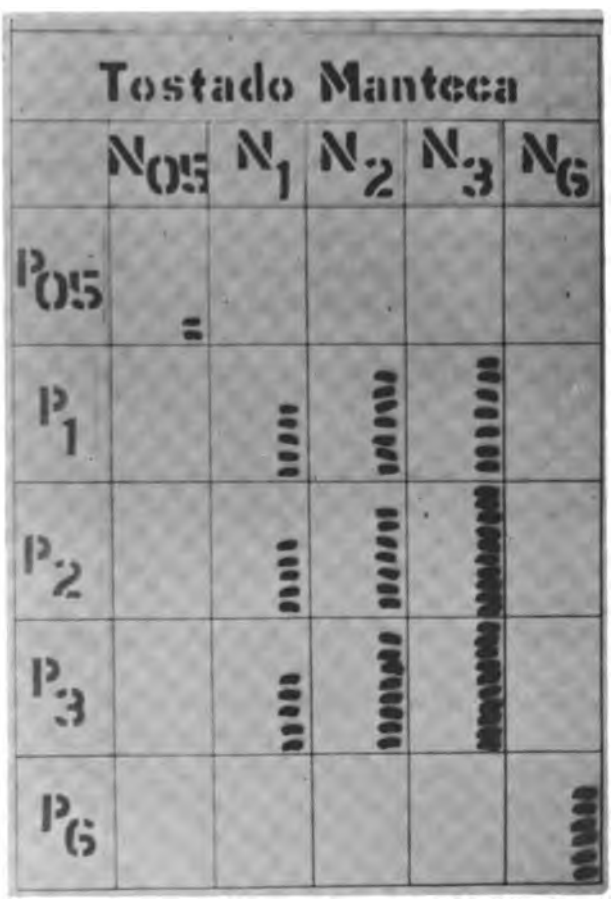
Se detectaron diferencias significativas entre el efecto de los adicionales del cultivar 'Tostado Manteca' y 'Jin II-B', siendo superior el del primero. De igual manera hubo diferencia significativa entre los adicionales del mismo cultivar, siendo superior para ambos casos el tratamiento Adic. 2.

4.3.5 Absorción de agua

Con los datos de absorción de agua registrados a través de todo el experimento se obtuvo la cantidad de agua absorbida por la planta en su ciclo de vida, y los tratamientos mostraron tener un efecto sobre esta variable que fue altamente significativa (Cuadro 2 y 10 del apéndice). La absorción de agua aumentó a medida que las concentraciones de N y P fueron incrementadas.

El efecto en la absorción de agua producido por el tratamiento N_3P_3, dentro del cultivar 'Tostado Manteca' fue superior significativamente al de todos los tratamientos restantes con excepción de tratamientos N_3P_2 y Adic. 2. Además, al comparar el efecto de N_3P_3 y N_3P_2 en el cultivar 'Tostado Manteca'





FIGURAS 14 y 15. Pictogramas de los rendimientos de 'Jin II-B' y 'Tostato Manteca' con diferentes niveles de N y P. Un grano corresponde a 10 por ciento del rendimiento máximo. Nótese el tamaño de las semillas en cada tratamiento. Tratamientos NO_5-PO_5 = Adicional 1; N_6-P_6 = Adicional 2.

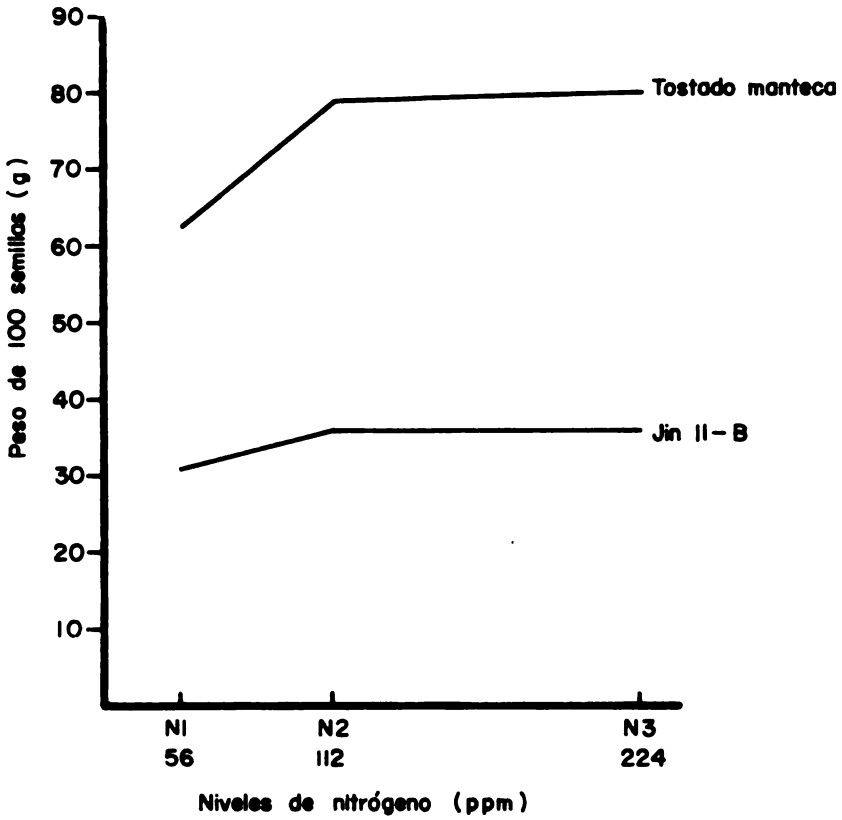


Fig.- 16. Tendencia de la interacción niveles de nitrógeno por cultivares sobre el peso de 100 semillas.

con el de todos los tratamientos en el cultivar 'Jin II-B' resultaron ser superiores.

El efecto de los tratamientos N_3P_2 y N_3P_3 en el cultivar 'Jin II-B' fue igual al de N_2P_2 y N_2P_3, pero superior al resto.

El promedio de los tratamientos de la parte factorial fue superior significativamente al de los de la parte Adicional; sin embargo, el promedio de la parte Adicional del cultivar 'Tostado Manteca' fue superior a su correspondiente en 'Jin II-B'. Dentro de cada cultivar el efecto del Adic. 2 fue superior significativamente al del Adic. 1.

Cabe destacar también que las variaciones en la absorción de agua relacionadas con los elementos N y P y sus tendencias lineales y cuadráticas, fueron significativas.

4.3.6 Volumen de raíces

El volumen de las raíces fue afectado en forma significativa por los tratamientos, como se puede observar en los Cuadros 2 y 10 del apéndice. En el primer cuadro conviene hacer notar que el cultivar 'Tostado Manteca' presentó el mayor promedio de volumen de raíces con los tratamientos N_3P_3 y Adic. 2. Estos fueron significativamente superiores al efecto de todos los tratamientos en el cultivar 'Jin II-B', con excepción de N_3P_3.

Al realizar las comparaciones de los efectos de los tratamientos dentro del cultivar 'Jin II-B' se observó (Cuadro 2), que el grupo de los tratamientos integrados por N_2P_2, N_2P_3,

N_3P_1, N_3P_2 y N_3P_3 superaron en su efecto en forma significativa al del grupo de tratamientos formados por Adic. 1, N_1P_1, N_1P_2, N_1P_3 y N_2P_1. El efecto del tratamiento Adic. 2 fue igual a todos los tratamientos excepto al N_3P_3 que superó significativamente.

El tratamiento N_3P_3 dentro del cultivar 'Tostado Manteca', superó en su efecto sobre el volumen de raíces al de los tratamientos Adic. 1, N_1P_1, N_1P_2 y N_1P_3; en cambio fue similar al de los tratamientos restantes.

En el caso del cultivar 'Tostado Manteca', el tratamiento N_3P_3 produjo el mismo volumen de raíces que el Adic. 2, característizado por altos niveles de N y P y alta tensión osmótica, mientras que en el cultivar 'Jin II-B' el volumen de raíces obtenido con N_3P_3 fue superior al de Adic. 2. Esto podría interpretarse como una mayor capacidad de adaptación a relativamente altos niveles de salinidad y tensión osmótica del sistema radical de 'Tostado Manteca'. Así mismo, en la Figura 17 se puede notar que bajos niveles de N afectaron más el volumen de raíces del cultivar 'Jin II-B' que de 'Tostado Manteca'.

En los Cuadros 3 y 4 se muestran las matrices de correlaciones para ambos cultivares, en cuyo cálculo no se incluyeron los tratamientos Adicionales. Se puede notar en dichos cuadros una relación directa y alta entre el volumen de raíces y el rendimiento por planta.

Las diferencias en volumen de raíces en relación con los tratamientos pueden apreciarse en las Figuras 18 y 19.

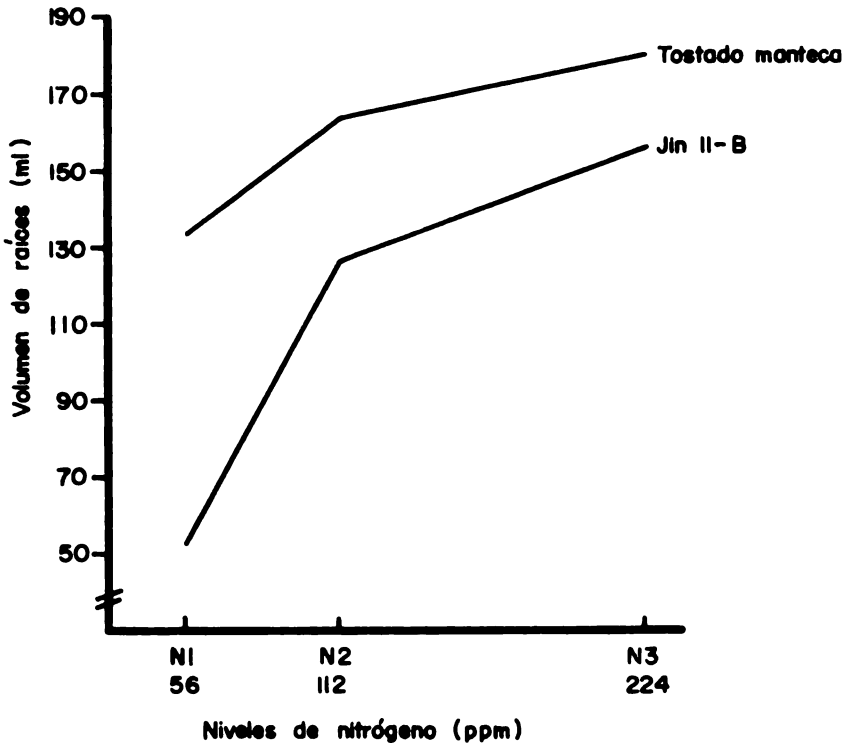
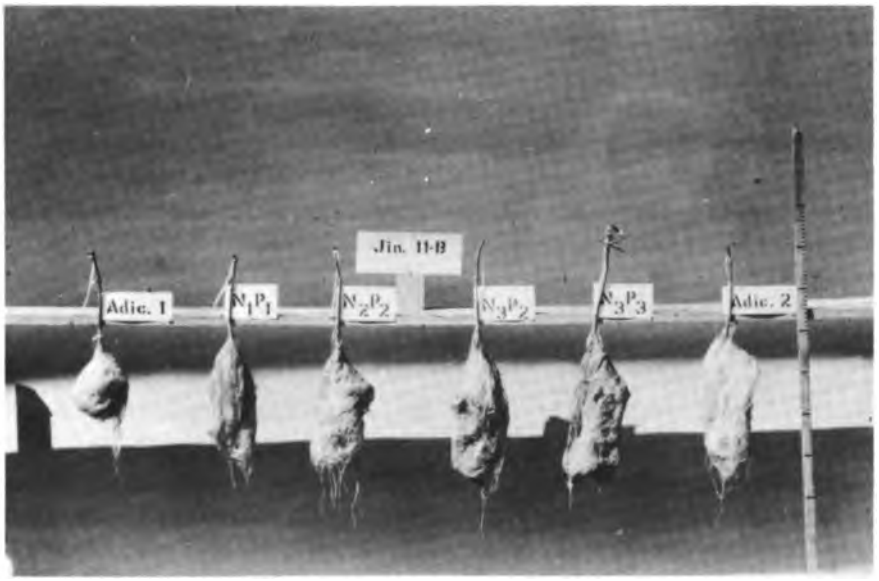
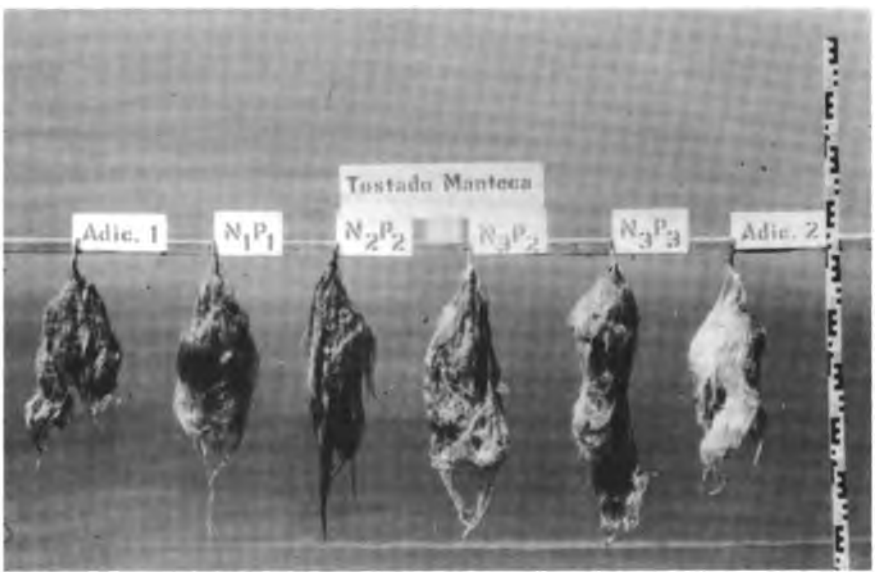


Fig.– 17 Efecto producido en el volumen de raíces por la interacción cultivares por niveles de nitrógeno.





FIGURAS 18 y 19. Efectos de algunos tratamientos sobre el tamaño de las raíces al finalizar el experimento.

4.3.7 Peso seco de raíces

El análisis de variancia del Cuadro 10 del apéndice nos indica que hubieron efectos significativos de los tratamientos sobre el peso de raíces, lo cual puede constatarse mediante la prueba de significación con los datos del Cuadro 2.

En el cultivar 'Jin II-B' los efectos de los tratamientos N_2P_2, N_2P_3, N_3P_1, N_3P_2 y N_3P_3 sobre el peso seco de las raíces fueron iguales entre si, pero superaron significativamente al de los tratamientos Adic. 1, N_1P_1, N_1P_2, N_1P_3 y Adic. 2.

Dentro del cultivar 'Tostado Manteca' el efecto sobre el peso seco de las raíces inducido por los tratamientos N_2P_1, N_2P_2, N_3P_1, N_3P_3 y Adic. 2 superaron significativamente al de los tratamientos Adic. 1, N_1P_1, N_1P_2 y N_1P_3, en cambio tuvieron efectos similares al del tratamiento N_1P_3.

La diferencia entre el efecto del tratamiento N_3P_1 en ambos cultivares fue significativa; en cambio los tratamientos N_3P_2 y N_3P_3 no produjeron diferencias significativas en peso seco de raíces.

4.3.8 Absorción de N y P totales

4.3.8.1 Nitrógeno

El análisis comparativo del total de N absorbido por las plantas se muestra en los Cuadros 2 y 10 del apéndice.

En el cultivar 'Jin II-B' los efectos en la absorción de N de los tratamientos N_3P_2 y N_3P_3 no fueron significativos entre si, pero fueron superiores al del resto de los

tratamientos. El efecto de los tratamientos N_2P_3, N_3P_1 y Adic. 2 resultaron significativamente superiores a los de Adic. 1, N_1P_1, N_1P_2, N_1P_3 y N_2P_1.

Las comparaciones entre si del efecto en la absorción de N de los tratamientos N_3P_1, N_3P_2 y N_3P_3 no fueron significativos, pero superaron la del resto de tratamientos dentro del cultivar 'Tostado Manteca'. El efecto del tratamiento N_1P_1 fue estadísticamente superior al del tratamiento Adic. 1.

El promedio general de los tratamientos de la parte factorial no superó al de la parte Adicional, pero la absorción de N de los Adicionales en el cultivar 'Tostado Manteca' fue superior estadísticamente al de los mismos tratamientos en el cultivar 'Jin II-B'. Al hacer las comparaciones dentro de cada cultivar, el tratamiento Adic. 2 fue superior estadísticamente al Adic. 1.

Del Cuadro 2 se puede deducir la tendencia del efecto principal del N y P en sus diferentes dosis sobre la absorción de N. Los incrementos de N trajeron como consecuencia un aumento de absorción de N hasta un valor con el que se satisfacieron los requerimientos fisiológicos de la planta por este elemento. Algo parecido ocurrió con el efecto de los niveles de P sobre la absorción de N.

En el Cuadro 10 del apéndice se observa que no hubo diferencia significativa en la interacción Cultivares x N y Cultivares x P, lo que se puede apreciar en las Figuras 20 y 21.

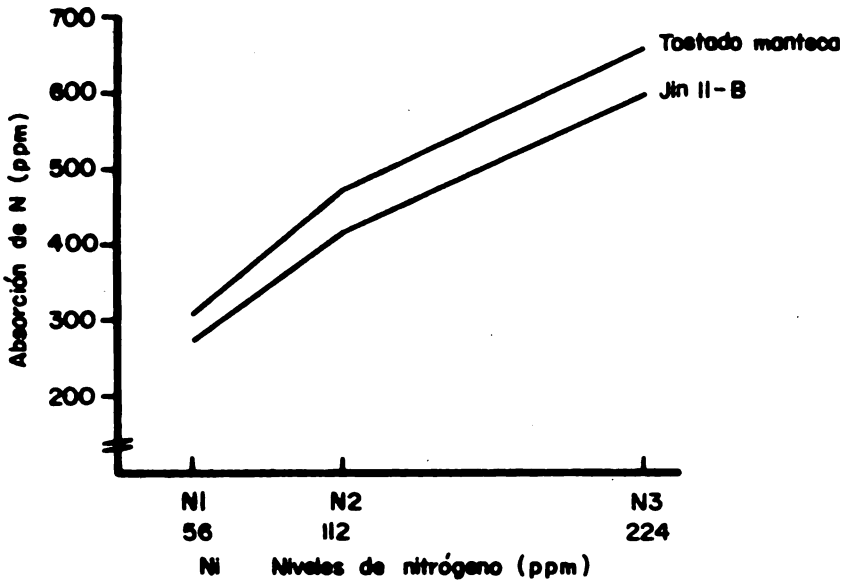


Fig.- 20. Absorción de N por los cultivares estudiados en relación con los concentraciones de N en la solución nutritiva.

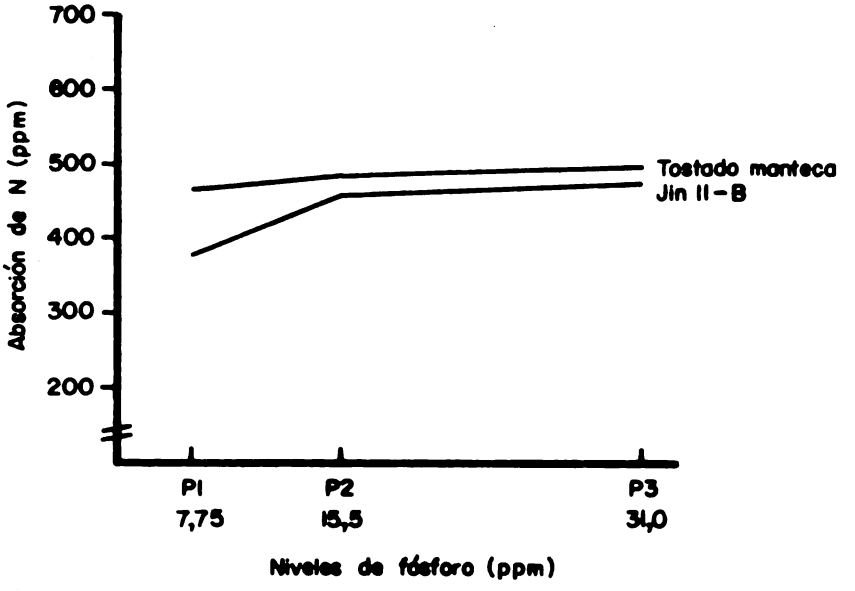


Fig.- 21. Absorción de N por los cultivares estudiados en relación con las concentraciones de P en la solución nutritiva.

4.3.8.2 Fósforo

Como en el caso del N, el P se varió en sus concentraciones y se estudió el efecto de ellas sobre la absorción de P (Cuadros 2 y 10 del apéndice).

En el cultivar 'Jin II-B' el efecto del tratamiento N_3P_3 sobre la absorción de P fue superior al efecto de los tratamientos restantes. Dentro del cultivar 'Tostado Manteca' los efectos de los tratamientos N_3P_3, N_2P_3 y N_1P_3 no fueron significativos entre si sobre la absorción de P, en cambio superó significativamente al del resto de los tratamientos, con excepción del Adic. 2 que superó a todos.

El promedio general de la parte factorial en cuanto a absorción de P resultó significativamente inferior al de la parte Adicional. Comparando los promedios de los Adicionales en cada cultivar, los de 'Tostado Manteca' fueron superiores. Dentro de cada cultivar la significación resultó a favor del Adic. 2.

Igualmente se detectó significación (Cuadro 10 del apéndice) en las fuentes de variación: Cultivares, Niveles de N y P, y la interacción N x P. Los efectos de la interacción Cultivares x N y Cultivares x P, que fueron significativos, se pueden apreciar gráficamente en las Figuras 22 y 23.

4.3.9 Absorción de K, Ca, Mg y S

De los datos del Cuadro 2 se puede obtener la absorción de los elementos K, Ca, Mg y S en cada cultivar bajo el

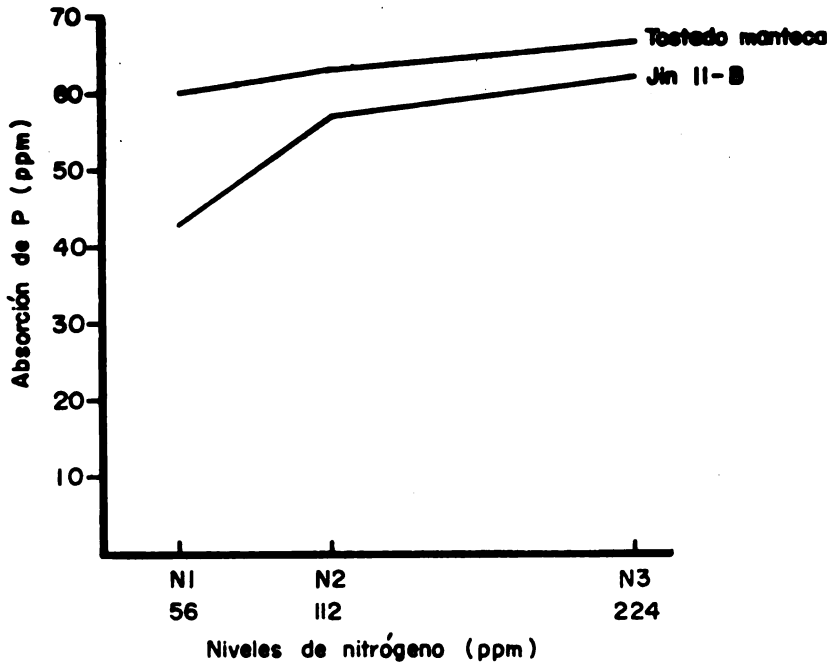


Fig.-22 Absorción de P por los cultivares estudiados en relación con las concentraciones de N en la solución nutritiva.

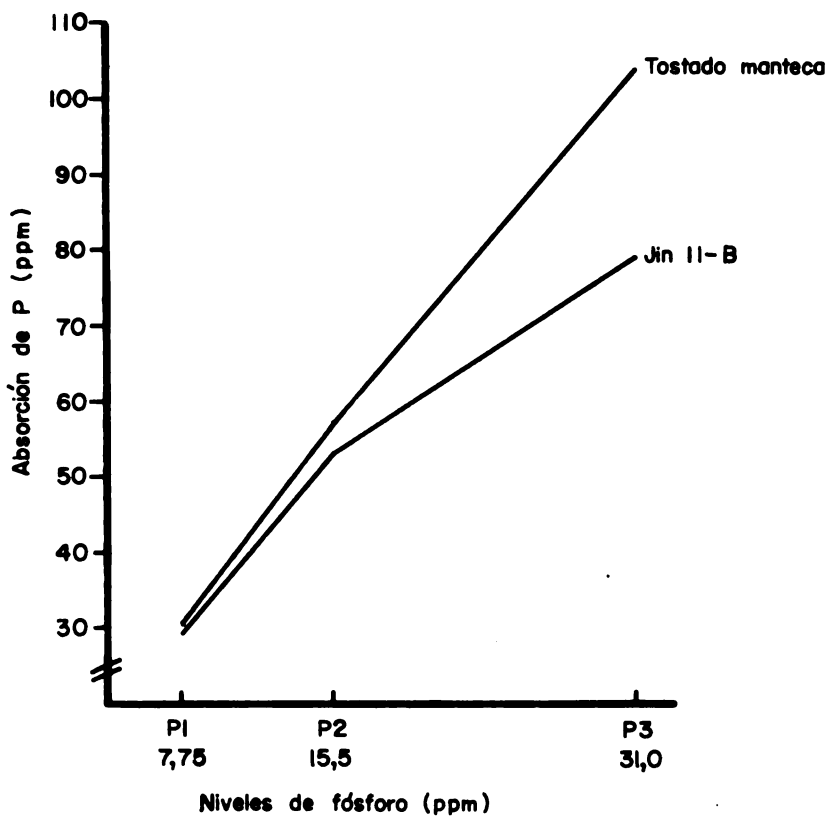


Fig.-23 Absorción de P por los cultivares estudiados en relación con las concentraciones de P en la solución nutritiva.

efecto de los diferentes niveles de N y P.

El estudio de estos datos muestra que ambos cultivares respondieron en igual forma en la absorción de dichos elementos a excepción del S que al nivel de 31 ppm de P los valores correspondientes a cada cultivar divergieron.

4.4 Correlaciones entre las Características Estudiadas en los Dos Cultivares

En los Cuadros 3 y 4 se presentan las diversas asociaciones entre las variables estudiadas. Se puede notar que para el caso del cultivar 'Jin II-B' el rendimiento obtenido estuvo correlacionado con todas las variables excepto con número de semillas por vaina y azufre absorbido; en cambio con el cultivar 'Tostado Manteca' los rendimientos estuvieron correlacionados con todas las variables, excepto las siguientes: número de semillas por vaina, peso seco de raíces, absorción de P y Mg.

Todas las correlaciones fueron positivas indicando que a medida que aumenta una variable la otra sigue la misma tendencia y su asociación será más importante cuando más alto sea su valor dado ($\hat{R}$).

Cuadro 3. Matriz de correlación de las características estudiadas en el cultivar 'Jin II-B'

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \left(\begin{array}{ccccccccccccc}
1,000 & & & & & & & & & & & & \\
0,916 & 1,000 & & & & & & & & & & & \\
0,696 & 0,626 & 1,000 & & & & & & & & & & \\
0,900 & 0,764 & 0,438 & 1,000 & & & & & & & & & \\
0,966 & 0,836 & 0,640 & 0,862 & 1,000 & & & & & & & & \\
0,844 & 0,694 & 0,336 & 0,911 & 0,891 & 1,000 & & & & & & & \\
0,813 & 0,689 & 0,336 & 0,892 & 0,862 & 0,983 & 1,000 & & & & & & \\
0,905 & 0,776 & 0,614 & 0,873 & 0,937 & 0,928 & 0,945 & 1,000 & & & & & \\
0,737 & 0,541 & 0,695 & 0,538 & 0,743 & 0,541 & 0,429 & 0,600 & 1,000 & & & & \\
0,976 & 0,853 & 0,705 & 0,867 & 0,976 & 0,854 & 0,826 & 0,933 & 0,790 & 1,000 & & & \\
0,958 & 0,833 & 0,773 & 0,859 & 0,898 & 0,768 & 0,714 & 0,838 & 0,826 & 0,932 & 1,000 & & \\
0,927 & 0,743 & 0,644 & 0,811 & 0,941 & 0,799 & 0,733 & 0,835 & 0,864 & 0,948 & 0,904 & 1,000 & \\
0,651 & 0,502 & 0,377 & 0,574 & 0,682 & 0,573 & 0,554 & 0,618 & 0,515 & 0,685 & 0,545 & 0,797 & 1,000
\end{array}\right) \\
\begin{array}{ccccccccccccc}
X1 & X2 & X3 & X4 & X5 & X6 & X7 & X8 & X9 & X10 & X11 & X12 & X13
\end{array}
\end{array} \begin{array}{c} X1 \\ X2 \\ X3 = \\ X4 \\ X5 \\ X6 \\ X7 \\ X8 \\ X9 \\ X10 \\ X11 \\ X12 \\ X13 \end{array}$$

$\hat{R}$ = Matriz de correlaciones
X1 = Rendimiento de grano seco (g)
X2 = Número de vainas (frutos) por planta
X3 = Número promedio de granos por vaina
X4 = Peso de 100 semillas (g)
X5 = Absorción de agua (l)
X6 = Volumen de las raíces (ml)
X7 = Peso seco de las raíces (g)
X8 = Total de N absorbido por la planta (ppm)
X9 = " " P " " " " "
X10 = " " K " " " " "
X11 = " " Ca " " " " "
X12 = " " Mg " " " " "
X13 = " " S " " " " "

Cuadro 4. Matriz de correlación de las características estudiadas en el cultivar 'Tostado Manteca'

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \left(\begin{array}{ccccccccccccc}
1,000 & & & & & & & & & & & & \\
0,949 & 1,000 & & & & & & & & & & & \\
0,569 & 0,330 & 1,000 & & & & & & & & & & \\
0,898 & 0,824 & 0,520 & 1,000 & & & & & & & & & \\
0,978 & 0,950 & 0,545 & 0,922 & 1,000 & & & & & & & & \\
0,748 & 0,770 & 0,465 & 0,809 & 0,863 & 1,000 & & & & & & & \\
0,556 & 0,493 & 0,574 & 0,627 & 0,675 & 0,839 & 1,000 & & & & & & \\
0,935 & 0,904 & 0,502 & 0,841 & 0,949 & 0,785 & 0,720 & 1,000 & & & & & \\
0,359 & 0,397 & 0,343 & 0,247 & 0,376 & 0,419 & 0,009 & 0,146 & 1,000 & & & & \\
0,910 & 0,885 & 0,508 & 0,922 & 0,932 & 0,831 & 0,560 & 0,784 & 0,478 & 1,000 & & & \\
0,856 & 0,817 & 0,503 & 0,929 & 0,881 & 0,804 & 0,476 & 0,703 & 0,559 & 0,962 & 1,000 & & \\
0,545 & 0,565 & 0,326 & 0,612 & 0,607 & 0,681 & 0,458 & 0,397 & 0,448 & 0,795 & 0,748 & 1,000 & \\
0,856 & 0,884 & 0,322 & 0,803 & 0,832 & 0,649 & 0,228 & 0,659 & 0,609 & 0,916 & 0,920 & 0,683 & 1,000
\end{array}\right) \\
\begin{array}{ccccccccccccc}
X1 & X2 & X3 & X4 & X5 & X6 & X7 & X8 & X9 & X10 & X11 & X12 & X13
\end{array}
\end{array}
\begin{array}{c} X1 \\ X2 \\ X3 \\ X4 \\ X5 \\ X6 \\ X7 \\ X8 \\ X9 \\ X10 \\ X11 \\ X12 \\ X13 \end{array}$$

$\hat{R}$ = Matriz de correlaciones
X1 = Rendimiento de grano seco (g)
X2 = Número de vainas (frutos) por planta
X3 = Número promedio de granos por vaina
X4 = Peso de 100 semillas (g)
X5 = Absorción de agua (l)
X6 = Volumen de raíces (ml)
X7 = Peso seco de las raíces (g)
X8 = Total de N absorbido por la planta (ppm)
X9 = " " P " " " " "
X10 = " " K " " " " "
X11 = " " Ca " " " " "
X12 = " " Mg " " " " "
X13 = " " S " " " " "

5. DISCUSION

5.1 Efecto del N y P sobre los Componentes del Rendimiento

El efecto positivo del N en el crecimiento y rendimiento de las plantas de frijol encontrado en este trabajo concuerda con los resultados obtenidos por Chacón (8), Gallo y Miyasaka (22), Iglesias (28), Masaya (35), Quirce (46) y Rodríguez y Rodríguez (48). Este efecto es una consecuencia de su importancia como elemento estructural de las proteinas, enzimas, ácidos nucléicos y otras moléculas complejas de gran importancia biológica. El mayor tamaño y área foliar de las plantas sometidas a altos niveles de N puede deberse a un aumento del número y tamaño de sus células (7).

En las condiciones del experimento, los rendimientos máximos para ambos cultivares fueron obtenidos con los tratamientos N_3P_2 (N=224 ppm; P=15,5 ppm) y N_3P_3 (N=224 ppm; P=31 ppm).

Los niveles de N y P que produjeron las mayores diferencias en rendimiento entre los dos cultivares estudiados se presentaron con el tratamiento N_3P_2.

Los bajos niveles de N (56 ppm) redujeron los rendimientos de ambos cultivares a un valor muy semejante de 33 g. Al aumentar el N el incremento en producción que mostró 'Tostado Manteca' fue superior al de 'Jin II-B'. Cuando la concentración del N pasó a 224 ppm, 'Tostado Manteca. continuó aumentando sus rendimientos no ocurriendo lo mismo con 'Jin II-B'. Esta respuesta podría deberse a diferencias de origen genético en eficiencia para absorber N (23).

Los incremento en rendimiento producidos por las dosis de P fueron significativos en los efectos lineal y cuadrático, concordando con los resultados obtenidos por Rodríguez (47), Rodríguez y Rodríguez (48), Tapia (53) y Vieira et al. (56) en estudios en condiciones de campo. Pero al hacer el análisis discriminatorio del efecto de los elementos N y P en cada cultivar con base en los datos de superficie de respuesta, se encontró que el N fue el elemento que tuvo mayor influencia sobre los rendimientos y siendo nulo el efecto del P. Esta falta de respuesta al P podría deberse a que los niveles de este elemento en los tratamientos estuvieron por encima de los requisitos fisiológicos de las plantas (12).

Sintetizando la información presentada del efecto de los tratamientos sobre el peso de 100 semillas, se podría inferir que en el cultivar 'Tostado Manteca' el N, aún a altos niveles, tiene un efecto positivo y sigue aumentando el peso de las semillas. La causa de la caída en rendimiento observada con el tratamiento Adic. 2 en este cultivar fue debida a un menor número de vainas y no a un menor peso de las semillas. Esto no ocurrió en el cultivar 'Jin II-B' en el que el peso de las semillas se mantuvo casi constante al variarse la concentración de N.

Este efecto en el cultivar 'Tostado Manteca', podría explicarse en base a que el tratamiento Adic. 2, además de favorecer el desarrollo vegetativo por su alto contenido de N, tuvo alta tensión osmótica que pudo inducir mayor abcisión de flores (32). Consecuentemente las plantas en dicho tratamiento podrían haber

tenido más área foliar por fruto, disponiendo de mayor cantidad de carbohidratos al momento de formar sus semillas (3). En 'Jin II-B' hubo una disminución en absorción de N con el tratamiento Adic. 2 en relación con N_3P_3 indicando que el excesivo contenido N del primer tratamiento no alcanzó a fomentar el desarrollo vegetativo.

El hecho que dentro de un mismo nivel de N, los incrementos en P no afectaron el peso de las semillas en ambos cultivares está en contraposición con los resultados de Peck (41) en el sentido que dosis crecientes de P aumentaban el peso de las semillas.

El número de semilla por vainas varió muy poco en ambos cultivares, bajo efecto de los tratamientos. El número de semillas por vaina parece ser una característica genética constante en ambos cultivares y no se altera con fertilización. Aunque tensiones osmóticas en soluciones nutritivas de 1,8 bares producidos con glicol polietilénico pueden producir aborto de óvulos (32), en este experimento no se notó este efecto con el tratamiento Adic. 2 con 1,3 bares.

Los datos del efecto de los tratamientos sobre el número de vainas por planta muestran que esta característica fue poco influída por los niveles de N y P de los tratamientos de la parte factorial. Sin embargo, los tratamientos adicionales redujeron significativamente esta característica en el cultivar 'Tostado Manteca'.

A pesar de la poca influencia de los tratamientos sobre el número de vainas por planta, hubo alta correlación de esta variable con el rendimiento en ambos cultivares.

5.2 Efecto del N y P sobre Características Fisiológicas Complementarias

Los datos presentados en los resultados muestran que la absorción de agua fue una característica altamente correlacionada con las concentraciones de N y P de los tratamientos. Esta correlación es explicable por el efecto del N sobre el crecimiento vegetativo de la planta que se refleja en una mayor superficie transpirante. Por otra parte, al aumentar el N se incrementó el volumen radical en ambos cultivares de frijol, ofreciendo asimismo mayor superficie de absorción de agua. Esta relación directa es generalmente aceptada (3).

La absorción de agua estuvo también correlacionada altamente con los rendimientos en ambos cultivares, lo cual podría atribuirse a un efecto indirecto a través de la nutrición mineral ya que también la absorción de agua estuvo íntimamente relacionada con la absorción de N, K, Ca y S aunque no lo fue con el P. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Baeyens (3), Freeland (21) y Muenscher (38).

El volumen de raíces se vió también influido positivamente por los niveles de N de la solución nutritiva en ambos cultivares; pero por otro lado no respondió a niveles de P lo cual se explica por el bajo coeficiente de correlación entre la absorción de P y el volumen radical.

El efecto estimulante del N sobre el volumen del sistema radical encontrado en este trabajo no concuerda con los informes de Biddulph y Cory (4), Bosemark (5) y Corriols (13), quienes opinan que el N abundante en la planta disminuye el crecimiento de las raíces, debido a que las hojas inferiores de la planta de frijol dejan de suministrarle carbohidratos a las raíces.

Además, el nivel bajo de 56 ppm de N (N_1) afectó negativamente el volumen de raíces del cultivar 'Jin II-B' cosa que no fue tan notable en el cultivar 'Tostado Manteca'. Esto podría interpretarse como una mayor capacidad de este último cultivar para tolerar bajos niveles de N en el ambiente radical.

El incremento en peso seco de raíces al aumentarse el N podría considerarse una consecuencia del efecto que dicho elemento tiene sobre el área foliar ya que los carbohidratos de las hojas son trasladados a las raíces para su nutrición orgánica. Estos resultados están en desacuerdo con los de Corriols (13) quien encontró que aumentos de N correspondían a disminuciones en el peso de las raíces del frijol.

5.3 Efecto del N y P sobre la Absorción de Nutrimentos

A igualdad de concentración de N en la solución nutritiva, ambos cultivares consumieron casi lo mismo de este elemento. Por otra parte, los rendimientos, así como también peso de 100 semillas y volumen de raíces, fueron mayores en el cultivar 'Tostado Manteca' en cada uno de los niveles de N estudiados, por lo que se podría decir que este cultivar es más eficiente en el uso que da al N absorbido desde el punto de vista económico.

Es interesante notar que al incrementar los niveles de N a 448 ppm (Adic. 2) el cultivar 'Tostado Manteca' continó aumentando su absorción de N, no ocurriendo lo mismo con 'Jin II-B' en el que dicha absorción disminuyó. Como los altos niveles de N estuvieron acompañados de tensiones osmóticas relativamente altas, la mayor absorción de este elemento por el cultivar 'Tostado Manteca' podría deberse a una mayor adaptabilidad de sus raíces tanto a dichas tensiones como a niveles altos de N.

Por otro lado a niveles altos de P de 62 ppm (Adic. 2) el consumo de este elemento en el cultivar 'Jin II-B' decayó considerablemente no ocurriendo esto con 'Tostado Manteca' que continuó aumentando su consumo lo cual muesta además una mayor adaptabilidad de este cultivar a altos niveles de P.

6. CONCLUSIONES

1. La respuesta en rendimiento a la fertilización con N y P que determinó Haag (23) que sirvió de base al presente trabajo fue comprobada en los cultivares de frijol 'Tostado Manteca' y 'Jin II-B'. Pero debido a que, en las condiciones en que se realizó este trabajo, el cultivar de baja respuesta 'Jin II-B' produjo más de lo esperado, la diferencia en rendimiento entre dichos cultivares a altos niveles de N fue de menor magnitud que la señalada por ese investigador.

2. A pesar de lo anotado en el párrafo anterior, la diferencia encontrada en rendimiento entre los cultivares 'Tostado Manteca' y 'Jin II-B' a altos niveles de N fue de suficiente magnitud como para recomendar el empleo de estos dos cultivares en estudios de hereditabilidad del rendimiento.

3. De los elementos estudiados en esta tesis el N fue el que acentuó las diferencias en rendimiento entre los cultivares.

4. Para que las diferencias obtenidas en este trabajo sean reproducibles las plantas deberán cultivarse en ocho litros de solución nutritiva completa con 224 ppm de N y 15,5 ppm de P la cual deberá renovarse cada 15 días, airearse continuamente y tener un pH entre 5 y 6.

5. En las condiciones del presente trabajo el peso de 100 semillas mostró ser una variable sensible a los niveles de N al igual que los rendimientos por lo que se recomienda tomarla en consideración al hacer estudios genéticos de respuesta a la fertilización.

7. RESUMEN

Trabajos previos han demostrado que pueden existir diferencias en rendimiento como respuesta a la aplicación de fertilizantes entre los cultivares de una misma especie. Esta tesis tuvo por objetivo producir en condiciones controladas la máxima diferencia en respuesta al N y P en dos cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.) cultivados en solución nutritiva. Los cultivares seleccionados fueron 'Tostado Manteca' y 'Jin II-B' que respondieron en forma diferencial a la aplicación de N y P en condiciones de campo.

Las plantas fueron cultivadas inicialmente en solución Hoagland No. 1 y luego en otras conteniendo diferentes niveles de N y P. Durante el crecimiento de las plantas se midieron la absorción de agua y el consumo de N, P, K, Ca, Mg y S. Al llegar la época de cosecha se midieron también: rendimientos, número de vainas por planta, número de semillas por vaina, peso de 100 semillas, y volumen y peso de raíces.

Con los datos de rendimiento se efectuó un análisis de superficie de respuesta para encontrar los niveles de N y P que correspondieron a los máximos rendimientos y además un análisis discriminatorio de variancia para detectar el tratamiento que produjo la mayor diferencia en rendimiento entre los dos cultivares.

En las condiciones de este experimento, los niveles de N y P en solución nutritiva que produjeron los rendimientos máximos fueron 196 ppm de N y 27 ppm de P para 'Jin II-B' y

216 ppm de N y 27 ppm de P para 'Tostado Manteca'.

La mayor diferencia en rendimiento entre los cultivares se produjo con 224 ppm de N y 15,5 ppm de P.

El elemento N fue casi el único causante de las diferencias en rendimiento de acuerdo al análisis de los datos.

Los valores de las correlaciones fueron altos en ambos cultivares entre el rendimiento y: número de vainas por planta, peso de 100 semillas, absorción de agua, volúmen de raíces y absorción de N, P, K y Ca.

La magnitud de las diferencias en rendimiento como respuesta al N entre los cultivares 'Jin II-B' y 'Tostado Manteca' justifica recomendarlos para estudios genéticos de esta característica.

7a. SUMMARY

Differences in yield, as response to fertilizer applications, are often obtained with cultivars of the same species. This thesis was set out to maximize, in controlled conditions, the differences in responses of two bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars to applications of N and P in hydroponics. The cultivars selected 'Tostado Manteca' and 'Jin II-B' had previously been found to respond differentially to soil applications of N and P under field conditions.

The plants were initially cultivated in No. 1 Hoagland's solution and later in others with different levels of N and P. Throughout the growth cycle, water absorption and intake of N, P, K, Ca, Mg and S were measured. At harvest time were also measured: yield, number of pods per plant, number of seeds per pod, weight of 100 seeds, and volume and weight of roots.

Surface response and discriminate analyses of variance were carried out on the yield data to determine the N and P levels corresponding to the highest yields and maximum yield differences.

The optimum treatment levels in the nutrient solutions to obtain the highest yields were: 196 ppm of N and 27 ppm of P for 'Jin II-B' and 216 ppm of N and 27 ppm of P for 'Tostado Manteca'.

The largest yield difference between the cultivars was produced with the combination of 224 ppm of N and 15.5 ppm of P.

The element N was almost solely responsible for the yield differences as proven by the analysis of the data.

In both cultivars the correlation values were high between yield and: number of pods per plant, weight of 100 seeds, water absorption, root volume, and N, P, K and Ca absorption.

The large difference in yield found as response to N application could justify the use of 'Jin II-B' and 'Tostado Manteca' cultivars in genetic studies of that character.

3. LITERATURA CITADA

1. AMBLER, J. E. y BROWN, J. C. Cause of differential susceptibility to Zn deficiency in two varieties of navy beans (Phaseolus vulgaris L.). Agronomy Journal 61:41-43. 1969.

2. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 9th ed. Washington, D. C., 1960. 1008 p.

3. BAEYENS, J. Nutrición de las plantas de cultivo. Traducción de J. M. Box y P. Urbano T. Madrid, Lemos, 1970. 631 p.

4. BIDDULPH, O. y CORY, R. Translocation of ^{14}C metabolites in the phloem of the bean plant. Plant Physiology 40(1): 119-129. 1965.

5. BOSEMARK, N. O. The influence of nitrogen on root development. Physiologia Plantarum 7(3):497-502. 1954.

6. BREALAND, H. L. Atomic absorption method of analysis for agricultural samples. Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings 26:53-64. 1966.

7. BURKHOLDER, P. R. y MCVEIGH, I. Growth and differentiation of maize in relation to nitrogen supply. American Journal of Botany 27:414-424. 1940.

8. CHACON, Z.M.E. Investigación sobre fertilización nitrogenada e inoculación de frijoles "Phaseolus vulgaris L". Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1961. 72 p.

9. CHAPMAN, H. D. y PRATT, P. F. Methods of analysis for soils, plants and waters. California, University of California, 1961. 309 p.

10. COCKEFAIR, E. A. The role of phosphorus in the metabolism of plants. American Journal of Botany 18:582-597. 1931.

11. COCKRAN, W. y COX, G. M. Algunos métodos para el estudio de la superficie de respuesta. In _____ y COX, G. M. Diseños experimentales. Trad. de la 2da. ed. inglesa. México, D. F., Trillas, 1965. pp. 372-415.

12. CORDERO, O. E. El análisis de la planta como guía de la fertilización de frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1968. 45 p.

13. CORRIOLS, M. A. El análisis de la planta como guía de la fertilización nitrogenada del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1965. 44 p.

14. DAVID, D. J. Emission and atomic absorption spectrochemical methods. In Linskens, H. F. y Tracey, M. V., eds. Modern methods of plant analysis. Berlin, Springer, 1962. v. 5, pp. 1-25.

15. DEMOLON, A. Crecimiento de vegetales cultivados. Traducido de la 5a. edición francesa por José Pérez Malla. Barcelona, Omega, 1966. 587 p.

16. ECHEVARRIA, A. G. Investigaciones sobre fertilización de frijoles (Phaseolus vulgaris L.) en la Estación Experimental Agrícola de San Fernando. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1960. 73 p.

17. EHRLER, W. L., LANGE, A. H. y HAMMER, K. C. The effect of nutrient balance on the uptake transport of calcium and phosphorus by bean plants. American Society for Horticultural Proceedings 72:365-369. 1958.

18. ENSAYOS DE fertilización en frijol. In Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 15, San Salvador, El Salvador, 1969. San Salvador, Dirección General de Investigaciones y Extensión Agrícola, 1969. v.1 s.p.

19. ERDMAN, L. W. The percentaje of nitrogen in different parts of soybean plants at different stages of growth. Journal of the American Society of Agronomy 21:360-366. 1929.

20. FASSBENDER, H. W. La fertilización del frijol (Phaseolus sp.) Turrialba 17(1):46-52. 1967.

21. FREELAND, R. O. Effect of transpiration upon the absorption and distribution of mineral salts in plants. American Journal of Botany 23:355-362. 1936; 24:373-374. 1937.

22. GALLO, J. R. y MIYASAKA, S. Composição quimica do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento ã maturação. Bragantia 20(40):867-884. 1961.

23. HAAG, W. L. Differential response among bean varieties (Phaseolus vulgaris L.) to nitrogen and phosphorus. M. S. thesis. Michigan State University, 1970. 91 p.

24. HERRERA, B.M.A. Ensayos de fertilización en frijoles (Phaseolus vulgaris L.) en cinco distintos localidades de los Cantones de Acosta y Aserrí. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1964. 84 p.

25. HEWITT, E. J. Sand and water cultural methods used in the study of plant nutrition. 2nd. ed. Bucks, England, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1966. 547 p.

26. HOAGLAND, D. R. y ARNON, D. I. The water-culture methods for growing plants. California Agricultural Experimental Station. Circular no. 346. 1938. 39 p.

27. HOLDRIDGE, I. R. Life zone ecology. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1964. 190 p.

28. IGLESIAS, P. G. Estudio sobre la respuesta de frijol (Phaseolus vulgaris L.) a los fertilizantes. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 1, San José, Costa Rica, 1962. México, D. F., Imprenta Benjamin Franklin, 1962. pp. 31-40.

29. JIMENEZ, E. J., SALAZAR, J. J. y PICADO, V. Un método para medir volumen radical de plantas de cacao (Theobroma cacao L) cultivadas en hidroponia. Turrialba 17(1):98-101. 1967.

30. LAIRD, R. J. y NUÑEZ, E. R. Notas del curso de fertilidad de suelos. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, 1963. 211 p.

31. LIZARRAGA, H. Rendimientos de frijol en pruebas de fertilizantes en cuatro países de Centro América 1962-1963. In Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 12, Managua, Nicaragua, 1966. s.n.t. pp. 51-54.

32. LOAYZA, TORRES J.M. Respuesta de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) a tres tensiones osmóticas en soluciones nutritivas. Tesis M. S. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1972. 75 p.

33. MARTINI, J. A. y PINCHINAT, A. M. Ensayos de abonamiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en el invernadero con tres suelos de áreas frijoleras en Costa Rica. Turrialba 17 (4):411-418. 1967.

34. MASAYA, S. P. Estudio de la absorción de nutrimentos y crecimiento de raíces en la planta de frijol (Phaseolus vulgaris L. var. Turrialba 4). Tesis M. S. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1971. 57 p.

35. MASAYA, S. P. Resumen de los trabajos realizados durante el año 1967, en el Programa de frijol de Guatemala. In Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 14, Tegucigalpa, Honduras, 1968. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1969. pp. 143-146.

36. MIYASAKA, S. et al. Ensaio de adubação de soya e do feijoeiro em solo do arenito botucatu, com vegetação de cerrado. Bragantia 23(5):45-54. 1964.

37. _____, IGUE, K. y FREIRE, E. S. Adubação de feijoeiro em solos derivados do arenito bauru. Bragantia 24(20):231-245. 1965.

38. MUENSCHER, W. C. The effect of transpiration on the absorption of salts by plants. American Journal of Botany 9:311-329. 1922.

39. MÜLLER, L. Un aparato Micro-Kjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materiales vegetales. Turrialba 11(1):17-25. 1961.

40. NARVAEZ, C.J.M. Ensayo de fertilizantes en frijol, llevados a efecto en La Calera, Dpto. de Managua, República de Nicaragua. In Reunión del Proyecto Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Frijol, 3, Antigua, Guatemala, 1964. Turrialba, IICA, 1964. pp. 67-68.

41. PECK, N. H. Balancing P and K boosts snap bean yields. Crops and Soils 17(2):7-8. 1964.

42. PESSOA, C. O. y HERNANDEZ, B. F. Fertilización y producción de frijol en Parrita, Costa Rica, 1968. In Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 11, San Salvador, El Salvador, 1969. San Salvador, Dirección General de Investigaciones y Extensión Agrícola, 1969. v.1. s.p.

43. PINCHINAT, A. M. El cultivo del frijol en Centro América. Extensión en las Américas 11(1):27-32. 1966.

44. _____. Ensayos extensivos de fertilizantes en Centroamerica 1966-1968 en frijol. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Publicación Miscelánea no. 58. s.f. 43 p.

45. PIPER, CH. V. y MORSE, W. J. The soybean. New York, McGraw Hill, 1923. 329 p.

46. QUIRCE, C. Q. Ensayo de fertilización N-P-K-Ca e inoculación en frijoles (Phaseolus vulgaris L). Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1960. 67 p.

47. RODRIGUEZ, M.M.A. Ensayos de fertilizantes en frijol en la Zona Norte de Nicaragua 1966-1967. In Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 14, Tegucigalpa, Honduras, 1968, Turrialba, IICA, 1969. pp. 147-154.

48. _____ y RODRIGUEZ, M. L. Ensayos de fertilizantes en frijol en la Zona Norte de Nicaragua 1966. In Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 13, San José, 1967. s.n.t. pp. 47-48.

49. ROO, M. E. El análisis de la planta como guía de la fertilización potásica del frijol (Phaseolus vulgaris L). Tesis Ing. Agr. San Jose, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1967. 49 p.

50. SALAZAR, J. R. Efectos de nitrógeno y fósforo en el rendimiento de frijol en occidente de El Salvador. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 16, Antigua, Guatemala, 1970. s.n.t. s.p.

51. SOTO, A. La fijación del nitrógeno atmosférico por Rhyzobium y potasio. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1961. 96 p.

52. SUTCLIFFE, J. F. Mineral salts absorption in plants. Oxford, Pergamon, 1962. 194 p. (International series of monography on pure and applied biology. Plant Physiology, v.1).

53. TAPIA, B. H. Ensayos de fertilizantes en frijol en Nicaragua. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroaméricano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 11, Panamá, Panamá, 1965. s.n.t. pp. 91-94.

54. VARGAS S., R. Abonamiento e inoculación en el cultivo del frijol. In Reunión Latinoamericana de Fitotecnia, 5a. Buenos Aires, 1961, Actas, Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1962. v.2. pp. 448-449.

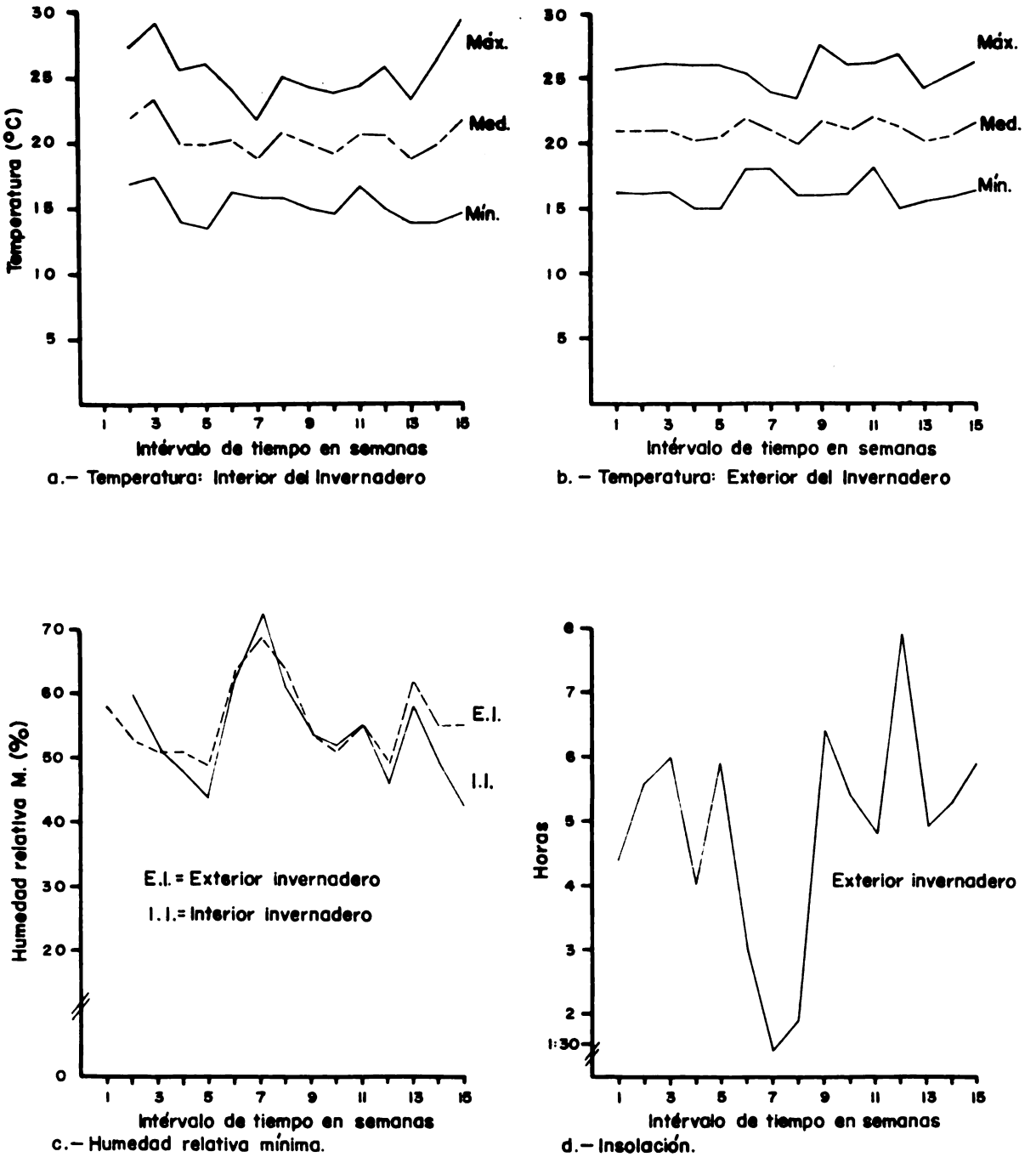
55. _____. Abonamiento en el cultivo del frijol. Lima. Estación Experimental Agrícola de La Molina. Informe Mensual 31(365): 7-14. 1957.

56. VIEIRA, C., ATHOW, K. L. y NOGUEIRA, L. A. Progésso nos trabalhos experimentais com e feijoeiro comun na Universidade Rural do Estado de Minas Gerais Brasil. s.n.t. Informe Anual 1966. pp. 30-35.

APENDICE

Cuadro 5. Datos meteorológicos registrados durante el experimento, tanto dentro como fuera del invernadero

Intervalo de fechas	Dentro del invernadero				Fuera del invernadero				Insolación horas
	Temperatura °C			Humedad rel. mínima (%)	Temperatura °C			Humedad rel. mínima (%)	
	Máx.	Mín.	Media		Máx.	Mín	Media		
24-11-71/30-11-71					25,7	16,3	21,0	58,4	4,4
1-12-71/ 7-12-71	27,5	17,0	22,3	60	26,1	16,5	21,3	53,1	5,7
8-12-71/14-12-71	29,3	17,7	23,5	52	26,4	16,2	21,3	51,9	6,0
15-12-71/21-12-71	25,8	13,9	19,9	48	25,9	14,8	20,4	51,3	4,1
22-12-71/28-12-71	26,3	13,6	20,0	44	25,9	15,1	20,5	49,1	5,9
29-12-71/ 4- 1-72	24,4	16,6	20,5	63	25,4	17,9	21,7	64,1	3,1
5- 1-72/11- 1-72	21,9	16,2	19,1	72	23,9	18,2	21,0	69,6	1,5
12- 1-72/18- 1-72	25,4	16,1	20,8	61	23,6	16,5	20,0	64,4	1,9
19- 1-72/25- 1-72	24,6	15,2	19,9	54	27,1	16,1	21,6	54,1	6,4
26- 1-72/ 1- 2-72	24,2	14,8	19,5	52	25,6	16,1	20,8	51,4	5,5
2- 2-72/ 8- 2-72	24,6	16,8	20,7	55	25,8	17,9	21,8	55,9	4,8
9- 2-72/15- 2-72	26,5	15,1	20,8	46	26,8	15,8	21,3	49,3	8,0
16- 2-72/22- 2-72	23,5	14,2	18,8	58	24,4	15,4	19,9	62,0	5,0
23- 2-72/29- 2-72	26,3	13,9	20,1	49	25,3	15,7	20,5	55,7	5,3
1- 3-72/ 7- 3-72	29,5	14,7	22,2	43	26,1	16,5	21,3	55,9	6,0



a.– Temperatura: Interior del Invernadero

b. – Temperatura: Exterior del Invernadero

c.– Humedad relativa mínima.

d.– Insolación.

Fig. 24 Tendencia de los factores ambientales, en el interior y exterior del invernadero.

Cuadro 6. Composición química de la solución nutritiva Hoagland No. 1

Sales	N-NO_3	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo	Cl	Co	Na
	ppm (mg/l)														
KNO_3	70,0	-	195,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	140,0	-	-	200,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KPO_4H_2	-	31,0	39,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$MgSO_4.7H_2O$	-	-	-	-	48,6	64,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FeKEDTA	-	-	10,4	-	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-
BO_3H_3	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
$MnCl_2.4H_2O$	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	0,324	-	-
$ZnSO_4.7H_2O$	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-
$CuSO_4.5H_2O$	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-
$MoO_4H_2.H_2O$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-
$CoCl_2.6H_2O$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,006	0,005	-
NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,000	-	1,95
Totales	210,0	31,0	245,0	200,0	48,6	64,15	5,0	0,5	0,5	0,05	0,02	0,01	3,330	0,005	1,95

Cuadro 7. Composición química de los tratamientos

Sales	Molaridad de las sales	ppm de los elementos (mg/l)						
		N		P	K	Ca	Mg	S
		$N-NO_3$	$N-NH_4$					
Tratamiento N_1P_1								
K_2SO_4	0,00175				136,5			56
K_2HPO_4	0,00025			7,74	19,5			
$(NH_4)_2SO_4$	0,001		28					32
$Ca(NO_3)_2$	0,001	28				40		
$MgSO_4$	0,002						48	64
$CaSO_4$	0,001					40		32
Total		28	28	7,74	156,0	80	48	184
Tratamiento N_1P_2								
K_2SO_4	0,0015				117			48
K_2HPO_4	0,0005			15,5	39			
$(NH_4)_2SO_4$	0,001		28					32
$Ca(NO_3)_2$	0,001	28				40		
$MgSO_4$	0,002						48	64
$CaSO_4$	0,001					40		32
Total		28	28	15,5	156	80	48	176
Tratamiento N_1P_3								
K_2SO_4	0,001				78			32
K_2HPO_4	0,001			31	78			
$(NH_4)_2SO_4$	0,001		28					32
$Ca(NO_3)_2$	0,001	28				40		
$MgSO_4$	0,002						48	64
$CaSO_4$	0,001					40		32
Total		28	28	31	156	80	48	160
Tratamiento N_2P_1								
K_2SO_4	0,00175				136,5			56
K_2HPO_4	0,00025			7,75	19,5			
$(NH_4)_2SO_4$	0,002		56					64
$Ca(NO_3)_2$	0,002	56				80		
$MgSO_4$	0,002						48	64
Total		56	56	7,75	156,0	80	48	184

Cuadro 7. Cont...

Sales	Molaridad de las sales	ppm de los elementos (mg/l)						
		N		P	K	Ca	Mg	S
		$N-NO_3$	$N-NH_4$					
Tratamiento N_2P_2								
K_2SO_4	0,0015				117			48
K_2HPO_4	0,0005			15,5	39			
$(NH_4)_2SO_4$	0,002		56					64
$Ca(NO_3)_2$	0,002	56				80		
$MgSO_4$	0,002						48	64
Total		56	56	15,5	156	80	48	176
Tratamiento N_2P_3								
K_2SO_4	0,001				78			32
K_2HPO_4	0,001			31	78			
$(NH_4)_2SO_4$	0,002		56					64
$Ca(NO_3)_2$	0,002	56				80		
$MgSO_4$	0,002						48	64
Total		56	56	31	156	80	48	160
Tratamiento N_3P_1								
K_2SO_4	0,00175				136,5			56
K_2HPO_4	0,00025			7,75	19,5			
$(NH_4)_2SO_4$	0,002		56					64
$(NH_4)NO_3$	0,004	56	56					
$Ca(NO_3)_2$	0,002	56				80		
$MgSO_4$	0,002						48	64
Total		112	112	7,75	156,0	80	48	184
Tratamiento N_3P_2								
KNO_3	0,003	42			117			
$(NH_4)NO_3$	0,001	14	14					
K_2HPO_4	0,0005			15,50	39			
$(NH_4)_2SO_4$	0,0035		98					112
$Ca(NO_3)_2$	0,002	56				80		
$MgSO_4$	0,002						48	64
Total		112	112	15,50	156	80	48	176

Cuadro 7. Cont...

Sales	Molaridad de las sales	ppm de los elementos (mg/l)						
		N		P	K	Ca	Mg	S
		$N-NO_3$	$N-NH_4$					
Tratamiento N_3P_3								
KNO_3	0,002	28			78			
$(NH_4)NO_3$	0,002	28	28					
K_2HPO_4	0,001			31,00	78			
$(NH_4)_2SO_4$	0,003		84					96
$Ca(NO_3)_2$	0,002	56				80		
$Mg(SO_4)$	0,002						48	64
Total		112	112	31,00	156	80	48	160
Tratamiento Adicional 1								
K_2SO_4	0,001885				147,00			60
K_2HPO_4	0,000125			3,87	9,78			
$(NH_4)_2SO_4$	0,0005		14					16
$Ca(NO_3)_2$	0,0005	14				20		
$MgSO_4$	0,002						48	64
$CaSO_4$	0,0015					60		48
Total		14	14	3,87	156,78	80	48	188
Tratamiento Adicional 2								
$(NH_4)NO_3$	0,012	168	168					
K_2HPO_4	0,002			62	156			
$(NH_4)_2SO_4$	0,002		56					64
$Ca(NO_3)_2$	0,002	56				80		
$MgSO_4$	0,002						48	64
Total		224	224	62	156	80	48	128

Cuadro 8. Orden cronológico de las etapas del desarrollo de las plantas y labores realizadas durante el experimento

Fechas	Labores realizadas
18-11-71	Las semillas de ambos cultivares fueron puestas a germinar en forma individual. Se empleó solución nutritiva Hoagland Nº 1 a un quinto de la concentración original para humedecer los papeles de germinación.
26-11-71	Se pasaron las plántulas de los rollos de germinación a los recipientes definitivos con solución nutritiva Hoagland Nº 1 a la mitad de la concentración original.
1-12-71	Se controló la arañita roja (Tetranychus sp) a base de Karathane al 0,05%.
10-12-71	Se llevó a cabo la primera renovación de las soluciones nutritivas y se cambió su concentración de acuerdo al tratamiento.
18-12-71	Se controlaron la arañita roja y mildiú a base de Ekatin y Karathane.
19-12-71	Se observó el inicio de la floración en el cultivar 'Jin II-B'.
24-12-71	idem (cultivar 'Tostado Manteca')
25-12-71	Se hizo la segunda renovación de las soluciones nutritivas.
2- 1-72	Finalización de la floración en el cultivar 'Jin II-B' y que los frutos se estaban desarrollando.
4- 1-72	Se controlaron la arañita roja y mildiú a base de Ekatin y Karathane.
9- 1-72	Se llevó a cabo la tercera renovación de las soluciones nutritivas.
11- 1-72	Finalización de la floración en el cultivar 'Tostado Manteca' y los frutos se estaban desarrollando.
13- 1-72	Período de máxima intensidad de crecimiento de los frutos. Se paralizó el crecimiento de los tallos y hojas en el cultivar 'Jin II-B'.
18- 1-72	idem (cultivar 'Tostado Manteca')
24- 1-72	Se hizo la cuarta renovación de las soluciones nutritivas.

Cuadro 8. continuación...

Fechas	Labores realizadas
8- 2-72	Recolección final de los frutos en el cultivar 'Jin II-B' y mediciones del volumen de raíces y peso seco.
10- 2-72	Se hizo la quinta renovación de las soluciones nutritivas únicamente para el cultivar 'Tostado Manteca'.
25- 2-72	Recolección final de los frutos en el cultivar 'Tostado Manteca' y mediciones de volumen de raíces y peso seco.

Cuadro 9. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos, sobre el rendimiento en los cultivares Jin II-B y 'Tostado Manteca'

Fuentes de variación	GL	Jin II-B CM	Tostado Manteca CM
Tratamientos	10	481,1 **	1215,7 **
(N,P) vs (C,A)	1	1909,6 **	3096,6 **
(A_1) vs (A_2)	1	560,4 **	2044,8 **
Respuesta lineal	2	1090,1 **	3433,8 **
Respuesta Cuadrática pura	2	198,3 ns	40,2 ns
Respuesta Cuadrática mixta	1	25,7 ns	1,5 ns
Desviación del modelo	3	115,3 ns	25,3 ns
Error experimental	33	94,4	24,6
Total	43	-	-
Coeficiente de variación (%)		22,9	11,1

** Significación 0,01

ns No significativo

C = Cultivar

A = Adicional

Cuadro 11. Análisis de variacía de las características estudiadas en el experimento.

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados Medios de las Características								
		Rdto. de grano por planta (g)	Nº de vainas por planta	Promedio de Nº de semillas por vaina	Peso de 100 semillas (g)	Absorción de agua (ml)	Volumen de raíces (g)	Peso seco de raíces (g)	Total N absorbido por planta (ppm)	Total P absorbido por planta (ppm)
Tratamientos	21	660,7 **	81,2 **	3,7 **	1384,5 **	203,5**	9997,4 **	19,5**	3465393,0 **	5279,8 **
(C,N,P) vs (C,A)	1	4936,4 **	522,9 **	1,9 **	6,2 ns	708,0**	6581,9 *	40,5**	28,0 ns	5567,0 **
Parte Adicional (C,A)	3									
(C_1A) vs (C_2A)	1	42,3 ns	110,3 **	13,6 **	9379,9 **	217,6**	24688,3 **	35,7**	319274,0 **	2888,0 **
(C_1A_1) vs (C_1A_2)	1	355,4 **	27,1 ns	0,7 ns	55,1 *	61,6*	5279,4 *	4,1ns	206917,0 **	6863,0 **
(C_2A_1) vs (C_2A_2)	1	2048,0 **	120,0 **	0,7 ns	1556,6 **	754,4**	34848,0 **	55,7**	1450360,0 **	39635,0 **
Parte Factorial (C,N,P)	17									
Cultivares (C)	1	1136,1 **	445,0 **	57,9 **	29187,3 **	539,3**	39097,4 **	108,1**	32426,3 **	1685,1 **
Nitrógeno (N)	2	3380,2 **	149,1 **	0,3 ns	841,4 **	592,5**	34781,2 **	62,7**	673546,3 **	1068,8 **
Nitrógeno lineal (N_1)	1	5914,6 **	258,1 **	-	1015,3 **	1102,5**	58936,0 **	113,4**	1295487,1 **	1689,5 **
Nitrógeno cuadrático (N_q)	1	1082,6 **	34,7 ns	-	667,7 **	61,7*	10627,2 **	12,0*	43537,5 **	436,6 **
Fósforo (P)	2	661,9 **	25,8 ns	0,3 ns	45,0 *	120,2*	2598,6 ns	0,2ns	20627,8 *	23568,0 **
Fósforo lineal (P_1)	1	961,8 **	-	-	39,4 ns	180,7**	-	-	32069,2 *	46686,1 **
Fósforo cuadrático (P_q)	1	403,6 **	-	-	50,6 *	59,7*	-	-	9186,8 ns	425,3 *
Interacción C x N	2	339,2 **	9,4 ns	0,2 ns	260,5 **	7,7ns	5592,5 *	4,6ns	1041,1 ns	282,8 *
Interacción C x N_1	1	678,5 **	-	-	324,6 **	-	8395,1 *	-	-	482,8 *
Interacción C x N_q	1	2,5 ns	-	-	181,6 **	-	2783,0 ns	-	-	83,0 ns
Interacción C x P	2	2,7 ns	2,2 ns	0,1 ns	18,3 ns	8,9ns	148,9 ns	0,9ns	7006,8 ns	975,7 **
Interacción C x P_1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1859,3 **
Interacción C x P_q	1	-	-	-	-	-	-	-	-	90,1 ns
Interacción N x P	4	167,5 *	17,3 ns	0,2 ns	24,9 ns	27,3ns	1868,7 ns	2,9ns	8379,4 ns	470,6 **
Interacción N_1 x P_1	1	321,5 **	-	-	-	-	-	-	-	1663,4 **
Interacción N_1 x P_q	1	331,6 **	-	-	-	-	-	-	-	47,6 ns
Interacción N_q x P_1	1	3,1 ns	-	-	-	-	-	-	-	154,7 ns
Interacción N_q x P_q	1	15,5 ns	-	-	-	-	-	-	-	16,3 ns
Interacción C x N x P	4	29,5 ns	9,3 ns	0,2 ns	9,2 ns	6,0 ns	1433,4 ns	5,3ns	4600,7 ns	144,1 ns
Error Experimental	66	59,5	8,9	0,2	11,1	14,5	1421,9	2,7	5071,9	76,0
Total Observaciones	87	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coeficiente de variación ( )		17,6	15,0	9,5	6,9	14,	27,0	25,	15,4	14,4

Date Due

27 MAR. 1973	10 JUN. 1978
X	15 JUN. 1981
	15 JUL 1982
- 1 AGO. 1974	18 MAY 1983
14 M	MAR 22 1984
1 NOV. 1976	JUN 4 1984
11 NOV. 1976	SEP - 4 1984
25 NOV 1976	
10 FEB. 1977	
25 FEB. 1977	
~~13 ENE. 1978~~	
15 M	
29 ABR. 1978	