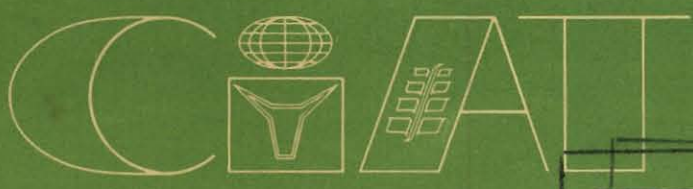


12360



CENTRO DE DOCUMENTACION



Centro Internacional de Agricultura

SEMINARIOS INTERNOS

12360



ESTUDIOS SOBRE ADAPTACION Y MEJORAMIENTO DEL FRIJOL

Phaseolus lunatus

Judy Lyman

RESUMEN

El fríjol Lima (Phaseolus lunatus) es una leguminosa rústica con potencial de productividad alto para los trópicos húmedos y cálidos donde las condiciones son adversas para el fríjol común. Se iniciaron investigaciones acerca de la adaptación del fríjol Lima y acerca de aspectos genéticos, como la resistencia al añublo bacterial común, resistencia a salta-
hojas y concentración de cianuro en la semilla.

Para la investigación de adaptación, se seleccionaron 36 líneas trepadoras de P. lunatus, de la colección de CIAT, basandose en el rendimiento y la sanidad de las plantas. Se sembraron las 36 líneas de P. lunatus con 6 líneas trepadoras de P. vulgaris, en cinco localidades distintas en Colombia. Se encontró que el promedio general de todas las líneas en todos los sitios fue 2640 kg./ha. El sitio con los mejores rendimientos fue Palmira, con un promedio de 4734 kg/ha; el sitio peor fue Montería con un promedio de 1646 kg/ha. El rendimiento máximo (Palmira, línea G 25105) fue 6121 kg/ha. Se calcularon índices de adaptabilidad para comparar los si-

tios y para clasificar el comportamiento de las líneas. En una gráfica de adaptabilidad y rendimiento se muestra que en ningún caso igualaron las líneas del fríjol común el rendimiento y la adaptabilidad del fríjol Lima.

Para estudiar aspectos genéticos de la reacción del fríjol Lima al añublo bacterial común (Xanthomonas phaseoli) se evaluaron 189 líneas, mediante inoculación en la casa de malla, clasificando a la mayoría (89%) como tolerante. Se escogió una línea más "resistente" y una "susceptible" para cruzamientos. En la evaluación del F_2 , se encontró una segregación continua, sugiriendo un control genético del tipo cuantitativo como el conocido en P. vulgaris. El análisis de los resultados fue complicado por la inestabilidad de la reacción resistente en uno de los progenitores y por dificultades en la lectura de la evaluación. Sin embargo, la mayoría de los híbridos F_2 fueron clasificados como tolerantes, y algunas plantas como resistentes.

Se empezó la investigación de resistencia a saltahojas (Empoasca kraemeri) con la evaluación de 185 líneas en el campo. La mayoría fueron clasificadas como susceptibles, y otras como tolerantes. Unas 4 líneas mostraron una resistencia sobresaliente. Estas líneas tenían mucha pubescencia y la correlación entre número de tricomas y daño por saltahojas fue negativo y altamente significativa. Por lo tanto se seguirá estudiando este aspecto como posible mecanismo de defensa de la planta contra los insectos. Se seleccionó una línea con resistencia alta y otra con resistencia baja para cruzamiento. Se efectuó el cruzamiento y próximamente se evaluarán los híbridos F_2 en el campo.

Se analizaron 85 líneas de P. lunatus para contenido de cianuro en la semilla y se identificaron dos líneas con con-

centraciones relativamente altas (> 200 ppm). Por otro lado, las demás líneas tuvieron concentraciones bajas. Mediante un análisis de regresión entre contenido de cianuro y rendimiento se calculó un coeficiente de correlación de $.39^*$ ($p = .05$). Debido a la posibilidad de seleccionar inconcientemente para concentraciones altas de cianuro mientras se selecciona para rendimiento, se recomendaría un análisis para este compuesto en programas de selección con P. lunatus.

Los híbridos F_2 de un cruzamiento entre un padre con alta concentración de cianuro y otro padre con baja concentración, segregaron en una forma continua, sugiriendo control genético de tipo cuantitativo. Ningún híbrido tuvo una concentración de cianuro tan alta como la del padre "alto cianuro", mostrando la posibilidad de utilizar tales padres con alto nivel de cianuro en un cruzamiento sin tener niveles de cianuro altos en los híbridos.

Se sugieren posibilidades para investigaciones futuras con P. lunatus en CIAT, enfocandolas en evaluación de germoplasma, problemas agronómicos y análisis de las preferencias de los consumidores, para aprovechar el potencial de este frijol en Latinoamérica.

ESTUDIOS SOBRE ADAPTACION Y MEJORAMIENTO DEL FRIJOL Phaseolus lunatus

Por:

Judy Lyman

I. Introducción

El frijol "Lima" (Phaseolus lunatus) es uno de los cultivos que por su naturaleza rústica y su potencial de alto rendimiento puede ser una alternativa para regiones en donde las condiciones son adversas para el frijol común (P. vulgaris). En comparación con el frijol común, el frijol Lima generalmente está más adaptado a temperaturas y humedades altas, es más tolerante a sequías, tiene problemas menos graves de enfermedades y plagas, y tiene mayor potencial de rendimiento en los trópicos húmedos y cálidos (National Academy of Sciences, 1979; Rachie et al., 1979). Por otro lado, su potencial de buena producción puede despertar el interés de agricultores en zonas donde el cultivo del frijol común ya está establecido.

II. Objetivos de la Investigación

Los propósitos del trabajo son: conocer la adaptabilidad del frijol Lima en sitios colombianos representativos y estudiar en más detalle aspectos genéticos de ciertos factores, como la reacción al añublo bacterial común (Xanthomonas phaseoli), la reacción a la saltahoja (Empoasca kraemeri) y el nivel de cianuro en la semilla.

III. Investigación sobre Adaptabilidad

Al empezar la investigación de tesis en 1978, el banco de germoplasma de CIAT contaba con 300 líneas de P. lunatus, pero eran muy pocos los conocimientos sobre las líneas con que se contaba. Buscando más información, se encontró que la mayoría de la literatura sobre adaptabilidad y agronomía venía de América del Norte y por ello se cuestionaba su validez para Latinoamérica. Por estas razones fue conveniente empezar la investigación con observaciones sobre las 300 líneas en el campo, seleccionando unas 90 de ellas para estudios más detallados. Este trabajo fue realizado desde Marzo hasta Julio de 1978 en CIAT-Palmira. Estas 90 líneas seleccionadas

fueron sembradas en CIAT-Quilichao en Mayo de 1978. De las observaciones obtenidas sobre rendimiento, fue posible seleccionar unas 36 líneas como un grupo promisorio para ser probado con ensayos regionales, con un grupo de seis líneas de P. vulgaris para comparación. En los Cuadros 1 y 2 se muestran características de las líneas.

Cabe mencionar que hubiera sido mejor hacer evaluaciones más completas de todas las 300 líneas en varios sitios (un trabajo que actualmente está siendo realizado por la Unidad de Recursos Genéticos), pero por falta de tiempo y presupuesto se consideró mejor seleccionar un grupo de líneas más pequeño para realizar las investigaciones de la tesis.

Cuatro sitios fueron escogidos para los ensayos regionales: CIAT-Palmira, CIAT-Quilichao, Patía (finca privada) y Montería (ICA-Turipaná). Se muestran características ambientales en el Cuadro 3 y edáficas en el Cuadro 4. Allí se observa que cada sitio ofrece aspectos distintos: Palmira, condiciones muy favorables; Quilichao, el pH bajo; Patía, temperatura alta y humedad baja; y Montería, con temperatura y humedad altas.

El diseño del ensayo era el siguiente: bloques completos al azar con tres repeticiones; tratamientos de 42 líneas (36 de P. lunatus más 6 líneas de P. vulgaris); área de 6 m^2 por parcela y densidad de 66.666 plantas por hectárea. En la Figura 1 se muestra el sistema de soporte utilizado. Cuando fue posible, se tomaron observaciones sobre días de floración y de maduración, número de vainas por planta, peso bruto de vainas y semillas y peso de semillas. Se realizó el ensayo dos veces en Quilichao, en 1978A y 1979A. Por ello aparecen cuatro sitios para cinco ensayos.

En el Cuadro 5 se muestran los rendimientos promedios de semilla seca para los ensayos regionales, con el índice ambiental para cada sitio. En el Cuadro 6 se indica el rendimiento promedio sobre todos los ensayos y el coeficiente de correlación para la regresión entre rendimientos y sitios, y el índice de adaptabilidad (coeficiente de regresión, \hat{b}_i) para cada línea. En la Figura 2, el gráfico muestra los rendimientos de las cuatro mejores líneas en cada uno de los ensayos.

Primero es importante observar la diferencia entre los sitios, indicada en el Cuadro 5 mediante los rendimientos y mediante el índice ambiental. En Palmira el promedio de todas las líneas de 4.734 kg/ha alcanzó un valor muy alto, con un rendimiento máximo de 6.582 kg/ha. Estos resultados fueron

alcanzados sin gran inversión de fertilizantes ni químicos y con la posibilidad de aumentar aún más la densidad de plantas. En el Cuadro 6 se observa que las 11 mejores líneas tuvieron rendimientos promedios para todos los ensayos de más de 3.000 kg/ha. Estos valores muestran el gran potencial de rendimiento que posee este fríjol.

Observando los datos del otro extremo, el sitio de Montería fue el peor de los cuatro en cuanto a rendimientos, con un promedio de 1.646 kg/ha. Sin embargo, el valor máximo alcanzó 3.308 kg/ha, mientras que el rendimiento de la mejor línea de P. vulgaris era 298 kg/ha¹. Así quedaría confirmada la observación de que el fríjol Lima se da mejor en lugares húmedos y calientes que el fríjol común.

Se realizó un análisis de regresión para sitios y rendimientos. Los datos en el Cuadro 6 muestran que, en general, la correlación fue muy buena. Con los valores para \hat{b}_i y los promedios se preparó la Figura 3 para todas las líneas. La Figura 4 es igual a la anterior sólo aumentada para mostrar las diferencias entre las líneas con rendimientos e índices de adaptabilidad más altos.

En la Figura 3 se observa que la mayoría de las líneas de P. lunatus se encuentran dentro del cuadro central, formado por los intervalos de confiabilidad para ambas variables. Por otro lado, ninguna de las líneas de P. vulgaris se encuentra en ese cuadro. Esto parece indicar que bajo las condiciones de los cinco ensayos regionales, las seis líneas de P. vulgaris eran de menor productividad y no tan adaptables al compararlas con la mayoría de las líneas de P. lunatus.

La Figura 4 muestra el comportamiento del grupo central de P. lunatus en más detalle. Los cuadros I hasta IX corresponden al cuadro central de la Figura 3, de los intervalos de confiabilidad. En la Figura 4 los intervalos están divididos en tres partes, indicando promedios de las variables. Así, el Cuadro V incluye las líneas que tienen ambos rendimientos e índices de adaptabilidad promedios. De la misma manera, los Cuadros I hasta III

1/ Se perdieron completamente las cosechas de cuatro de las seis líneas de Ph. vulgaris. Así, valores estimados por la línea de regresión son más altos que los rendimientos de las líneas realmente cosechadas.

incluyen líneas de altos rendimientos, mientras que los Cuadros III, VI y IX incluyen líneas de altos índices de adaptabilidad.

Es importante observar que el índice de adaptabilidad es un valor artificial, siendo calculado con base en una línea estimada y por eso no se debe confiar completamente en los resultados obtenidos. Sin embargo, el índice sirve para una clasificación ordinal en cuanto a la sensibilidad al medio ambiente. Así se podría estimar que las líneas dentro del Cuadro II, con rendimientos altos e índices de adaptabilidad no tan altos, podrían ser más recomendables para agricultores sin grandes ingresos porque rindieron bien en varios sitios distintos. Por el otro lado, un agricultor que pudiera invertir más fondos en mejorar las condiciones por medio de fertilizantes y controles químicos, tal vez se interesaría por las líneas dentro del Cuadro III. Aparentemente, esas líneas tienen mayor potencial de respuesta a sitios buenos.

Al intentar analizar las líneas con características relacionadas a rendimiento alto, se las clasificó por color de semilla, con resultados mostrados en el Cuadro 7. El análisis estadístico indicó que no hubo gran diferencia en los rendimientos entre los grupos. Tampoco se encontraron diferencias entre los índices promedios de adaptabilidad, porque estuvieron calculados con base en los rendimientos.

Así no se podría decir que el color de la semilla esté altamente relacionado con producción ni adaptabilidad de las líneas. Si se pudiese confirmar esta observación, implicaría ventajas para los mejoradores de este frijol, como la de poder incluir todas las líneas en un solo programa de hibridación sin preocuparse por las restricciones de color.

De todas formas, los resultados muestran que hay mucha variación para rendimiento y adaptabilidad en las líneas de P. lunatus, con unas líneas sobresalientes en sitios bien distintos. Un trabajo para el futuro sería seguir probando las líneas en otros sitios para confirmar estos resultados. Asimismo, podrían seleccionarse líneas que sirvieran de base para futuros mejoramientos.

IV. Estudios sobre Mejoramiento

Existe mucha información sobre aspectos genéticos acerca del frijol Lima P. lunatus. Esta especie se le considera autopolinizada aunque se han encontrado casos de hibridación natural desde 1 hasta 48% de la población, dependiendo de condiciones ambientales (Allard, 1954; Cetas y Wester; Welch y Grimball, 1951). El investigador R. W. Allard ha identificado 22 características monogenéticas de la semilla y de la planta, incluyendo control del hábito de crecimiento, color de la semilla y esterilidad masculina (Allard and Clement, 1959). Un resumen de muchas publicaciones hecho por Yarnell (1965) menciona resistencias conocidas en P. lunatus a antracnosis, mildew, pudrimiento gris de la raíz, pudrimiento de la raíz por Rhizoctonia y Fusarium y a ciertos virus. Menciona también resistencia y/o tolerancia a insectos que atacan la vaina, así como a la sequía y a temperaturas altas. Recientemente en el IITA (Nigeria) se ha identificado resistencia al mosaico dorado, un problema especialmente grave en Africa y Centroamérica (Song, comunicación personal).

Ha habido interés en hibridaciones interespecíficas con P. lunatus y con otros frijoles del género Phaseolus. Honma y Heeckt (1958, 1959), Lorz (1952) y Mok et al. (1978) han publicado resultados de cruzamientos interespecíficos con P. lunatus y P. vulgaris, P. coccineus y P. acutifolius. En algunos casos se hizo necesario usar la técnica de cultivo de embriones; en otros casos los híbridos resultaron estériles. Sin embargo, el éxito para cruces interespecíficos en esta es muy bajo.

Para las investigaciones genéticas de la tesis, fue necesario escoger unos tópicos apropiados a estudiarse en el CIAT, que también fueron problemas importantes en la producción de frijol en Latinoamérica. Así se escogieron al añublo bacterial, saltahojas y el nivel de cianuro como tópicos para estudios genéticos. El próximo paso era seleccionar líneas dentro de

la colección de P. lunatus como padres para un programa de cruzamiento. Se realizó la selección durante varias evaluaciones descritas detalladamente en capítulos siguientes. El Cuadro 9 muestra características de las líneas escogidas como padres.

Al empezar el trabajo de las hibridaciones, se encontró que los conocimientos sobre la metodología para hacer los cruzamientos eran muy pocos. Por lo tanto se utilizó la metodología usada en P. vulgaris, o sea emasculando o polinizando la flor temprano por la mañana; sin embargo no se tuvo éxito. Mediante algunos cambios en la metodología, se obtuvieron resultados positivos. Los principales cambios fueron el emascular por la tarde, proteger la flor con una bolsa plástica, y polinizar al otro día. Así se alcanzó un éxito de aproximadamente 14% en cuatro de seis cruzamientos. Los dos cruzamientos restantes presentaron muchas dificultades y no se pudo obtener un porcentaje de éxito mayor al 1.9%. Muchos factores podrían estar involucrados para explicar este bajo porcentaje incluyendo desde las condiciones ambientales que afectan al polen y al estigma, hasta factores genéticos muy complicados, pero con los cuales no sería posible especificar el problema sin investigaciones más detalladas. El Cuadro 10 presenta un resumen de los datos acerca de los cruzamientos.

El tratamiento de las semillas F_1 fue el mismo que el de las F_2 : cosecharlas, secarlas en silica hasta lograr una humedad de aproximadamente 12 hasta 14%, y almacenarlas hasta la siembra. En algunos casos se presentaron dificultades con la semilla del tipo "Lima grande", como en el caso de los progenitores madre G 25170 y 25172. Bajo condiciones húmedas, las vainas en la planta permanecieron verdes y húmedas y las semillas lograron germinar dentro de la vaina. Tratando de solucionar este problema se sembraron las semillas inmediatamente sin secar. Las semillas secadas normalmente se metieron a la incubadora en cajas petri para lograr una germinación adecuada

bajo condiciones controladas. Luego se procedió a sembrarlas en macetas grandes en la casa de malla para continuar las evaluaciones.

V. Estudio sobre el Control Genético de la Reacción al Añublo Bacterial Común.

El añublo bacterial común, causado por la bacteria Xanthomonas phaseoli y X. phaseoli fuscans es conocida como un problema grave en zonas húmedas y cálidas donde se cultiva el frijol. Esta bacteria causa graves daños en Latinoamérica (Gutierrez et al., 1975; Vieira et al., 1971) y es considerada como uno de los factores más limitantes en la producción de frijol de la región (Pinstrup-Anderson et al. 1976; Ruiz de Londoño, 1977; Schwartz y Sanders, 1979). En Colombia, se ha estimado que la reducción de producción causada por esta enfermedad alcanza el 45% (Yoshii, 1979).

El P. lunatus también es susceptible a esta bacteria y los síntomas son muy parecidos a aquellos observados en P. vulgaris (Zaumeyer y Thomas, 1962). Por esta razón y por la falta de conocimientos específicos para P. lunatus, no se resumirán aspectos fitopatológicos ni agronómicos respecto al control de la enfermedad en este informe. Sin embargo cabe mencionar un fenómeno que presenta dificultades graves para agricultores y mejoradores, y se refiere al potencial de la bacteria de transmitirse por medio de la semilla. Los mejoradores se preocupan por el hecho de que una variedad resistente podría sostener una población de bacteria sin mostrar síntomas, pudiendo así desarrollarse en este ambiente, una raza más virulenta de bacteria (Coyne y Schuster, 1974b).

Respecto al control genético de la reacción a la bacteria, se ha encontrado que varios genes determinan la reacción en P. vulgaris, o sea que tiene una heredabilidad de tipo cuantitativo (CIAT, 1975; Coyne et al., 1965; Coyne et al.,

1973; Coyne y Schuster, 1974a; Pompeu y Crowder, 1972; Webster et al., 1980). Por consiguiente se observa una variación continua en generaciones híbridas que están segregando. En algunas investigaciones con P. vulgaris, se encontró dominancia de la reacción susceptible en la generación F₁ (CIAT, 1975; Coyne et al., 1973). Por otro lado, al utilizar una línea de origen Colombiano como padre resistente, se encontró una dominancia de la reacción tolerante (Coyne y Schuster, 1974a). Estos resultados implican la presencia de varios genes influyentes.

Respecto a P. lunatus, no se encontró información en cuanto al control genético de la reacción a la bacteria en ambientes Latinoamericanos. Por esta razón, se empezó la investigación de la tesis en CIAT evaluando la colección de P. lunatus respecto a su reacción al añublo bacterial común. La primera evaluación se realizó en Marzo, 1979 en colaboración con el departamento de Fitopatología del programa de Frijol. Se inocularon 189 líneas de P. lunatus en la casa de malla con una metodología de cortes en la primera hoja trifoliata. Se utilizó el inóculo #120 a una concentración de 5×10^7 células/ml. Se incluyeron especies de P. acutifolius y P. vulgaris como testigos. Aproximadamente una semana después se evaluaron los síntomas en las hojas, según la escala desarrollada por el departamento de Fitopatología. En el Cuadro 11 se muestran los resultados de la evaluación. Se observa que ninguna de las líneas de P. lunatus se comportó como resistente, aunque 5 líneas tuvieron valores promedios igual o menor que 2. Sin embargo, solamente el testigo P. acutifolius salió resistente; aun el testigo P. vulgaris "Jules", conocido como resistente, tuvo una reacción evaluada como tolerante. Merece observarse que la mayoría de las líneas de P. lunatus (89%) fueron evaluadas como tolerantes y que solamente unas 21 líneas (11%) fueron evaluadas como susceptibles. De esta evaluación se seleccionaron las líneas G 25035 y G 25170 como padres, resistente y susceptible res-

pectivamente, para cruzamientos.

Se efectuaron los cruzamientos como fue descrito previamente y se sembró la generación F_1 en la casa de malla. No se quiso inocular estas plantas con la bacteria por temor a perderlas si la enfermedad se presentase grave. Se les dejó autopolinizarse, se cosecharon las semillas F_2 , y se las sembró para evaluarlas respecto a bacteriosis.

En cuanto a la segregación de la generación F_2 , se observó el hábito de crecimiento para verificar la hibridación. En el Cuadro 12 se muestra la relación entre plantas de hábito indeterminado y las de hábito determinado. Se detectó una probabilidad alta de que esta característica fuese determinada por un control monogénico, con una relación de 3 indeterminados (dominantes) a 1 determinado, tal como se esperaba.

En el Cuadro 13 se muestran los resultados de la evaluación de las mismas plantas (F_2) para bacteriosis. Aunque la lectura se complicó por un ataque de Alternaria, se observa una variación continua en los valores promedios debido posiblemente al control cuantitativo de varios genes, como se conoce en P. vulgaris. Un aspecto que debe considerarse es el comportamiento del padre G 25035, el "resistente". En efecto, se nota que tuvo un valor promedio de 2.17, calificado como tolerante. Esto hace el análisis genético más difícil y menos confiable. Hubiera sido mejor obtener una línea padre, con una resistencia muy estable para un estudio genético, pero no se ha identificado tal línea en P. lunatus todavía. Sin embargo se observa que la mayoría de las familias fueron clasificadas como tolerantes, aun teniendo un padre susceptible. Este hecho implicaría que existen oportunidades para realizar recombinaciones más resistentes.

Se consideran estos resultados como preliminares ya que el análisis de una herencia probablemente de tipo cuantitativa no se puede estudiar en menos de tres o cuatro generaciones.

También se requiere mas información acerca de los padres. Se recomendaría seguir con el análisis de generaciones posteriores a este cruzamiento, mientras se buscan otros padres mas estables en cuanto a resistencia. También se deben hacer cruzamientos entre padres resistentes a diferentes "strains" de X. phaseoli para estudiar los efectos de los genes resistentes, posiblemente diferentes. Así se podrían encontrar híbridos recombinantes aun mas resistentes, productos de segregación transgresiva. Finalmente se recalca la necesidad de un programa amplio de evaluación de germoplasma de P. lunatus para reacción a bacteriosis así como la de un estudio definitivo sobre el control genético para la reacción al añublo bacterial común en frijol Lima P. lunatus.

VI. Estudio sobre el Control Genético de la Reacción al Saltahojas Empoasca kraemeri.

El saltahojas Empoasca kraemeri tiene una distribución amplia en el Caribe, México, Centro y Suramérica, donde se le conoce como una de las plagas más importantes económicamente en la producción de frijol (Bonnetil, 1965; Gonzalez, 1959, 1960; y Schwartz et al, 1978). Las ninfas y los adultos chupan de la superficie inferior y de los pecíolos, causando amarillamiento y enroscamiento de la hoja y finalmente enanismo de la planta. El insecto ataca varias plantas incluyendo el P. lunatus, pero no se encontró referencias específicas sobre el problema de E. kraemeri en P. lunatus en Latinoamérica.

Respecto a la genética, existe información sobre la reacción a E. fabae (la especie norteamericana) en P. lunatus y sobre la reacción a E. kraemeri en P. vulgaris. Wolfenbarger y Slesman (1961) probaron híbridos interespecíficos de un cruzamiento entre P. lunatus (resistente) y P. vulgaris (susceptible) y entre P. lunatus (resistente) y P. coccineus (susceptible) para reacción a bacteriosis. Encontraron que

todos los híbridos eran susceptibles y concluyeron que la resistencia era un carácter recesivo para esas líneas. Investigando la genética de la reacción a E. kraemeri en P. vulgaris mediante una serie de cruzamientos, se determinó que la resistencia en el frijol común es heredada cuantitativamente y que los estimados de la heredabilidad son bajos (CIAT, 1976). Se explicó la variación grande que existía en familias F_3 de plantas F_2 superiores por una variación genética grande de efecto no aditivo, y por dificultades en evaluar la reacción. Posteriormente se reportó una considerable superioridad en resistencia de materiales estrictamente seleccionados en generaciones mas avanzadas (CIAT, 1978).

Se empezó el estudio sobre el problema de saltahojas en P. lunatus en colaboración con el departamento de Entomología de frijol de CIAT, realizando una evaluación de 185 líneas de P. lunatus para los síntomas causados por saltahojas. Se les evaluó en el campo en CIAT-Palmira, de Marzo hasta Abril de 1979, bajo una infestación natural. Se clasificaron los síntomas según una escala de 0 (ningún daño) hasta 5 (amarillamiento, necrosis, encurvamiento y achaparramiento intenso de la hoja; producción reducida de flores y vainas). En el Cuadro 14 se muestran los resultados de la evaluación. Unas 4 líneas se mostraron altamente resistentes; 69 líneas (37%) fueron tolerantes y 112 líneas (61%) fueron susceptibles. Se notó que las líneas resistentes, todas originarias del Perú, tenían una pubescencia considerable de la hoja. Se ha reportado la presencia de tricomas en la superficie inferior de la hoja, como un mecanismo posible de la resistencia de ciertas líneas de P. vulgaris (Pillemar y Tingey, 1976, 1978). Para investigar este aspecto, se realizó un conteo de tricomas en las hojas de 20 líneas de P. lunatus en el departamento de Entomología de Frijol. En el Cuadro 15 se muestran los datos. Se observa que hay una variación muy grande de 54 tricomas hasta 2754 tricomas por centímetro cuadrado en la hoja. Para analizar la relación de tricomas y daño por sal-

tahojas, se calculó el coeficiente de correlación que resultó así: $r = - .847^{**}$ ($p = 0.01$) (Cardona, comunicación personal). La correlación implica que el daño por saltahojas está negativamente relacionado con la presencia de tricomas. Aunque este aspecto merece estudiarse en más detalle, debería haber muchos otros factores en el mecanismo de defensa de la planta, que se deben tomar en cuenta al considerar el papel que juegan los tricomas en la resistencia de la planta.

Se escogieron dos líneas progenitoras para el estudio genético de los resultados de la evaluación de líneas. Estas fueron las líneas G 25172 como padre resistente y G 25031 como padre susceptible. Se efectuaron los cruzamientos como anteriormente se describió. Las semillas F_1 fueron cosechadas y después sembradas en macetas en la casa de malla para producir los híbridos F_2 . Se temió exponer las plantas F_1 a una infestación de saltahojas por peligro a perderlas. Se cosecharon las semillas F_2 y se sembraron en potes pequeños para transplantarlas después al campo donde están actualmente.

Se espera realizar la primera evaluación para daños visibles por saltahojas en estos días, aunque la población de insectos no ha crecido tanto por lluvias inesperadas. También se planea realizar conteos de tricomas en las hojas de cada planta para calcular el coeficiente de correlación para tricomas y grado de daño. Posteriormente se harán análisis sobre el comportamiento de la F_2 respecto a segregación para reacción al insecto. Se compararán los resultados para P. lunatus con los conocimientos genéticos que existen para P. vulgaris.

VII. Estudio sobre el Control Genético del Nivel de Cianuro en la Semilla

Ciertas líneas de P. lunatus tienen concentraciones de cianuro posiblemente peligrosas, tanto en la semilla como en

toda la planta (Purseglove, 1968). El cianuro se encuentra en la forma de "linamarina", un glucósido cianogénico que libera ácido cianhídrico al hidrolizarse (Gomez, 1977). Se indica que las variedades con concentraciones de cianuro mas altas tienen semillas negras o coloradas y proceden del Caribe, Africa y Asia (Montgomery, 1969; Purseglove, 1968). La concentración de cianuro en P. lunatus puede variar entre 100 ppm y 3120 ppm, mientras que P. vulgaris tiene una concentración de aproximadamente 20 ppm (Montgomery, 1968). En los Estados Unidos, la Superintendencia para drogas y alimentos fijó un límite de 200 ppm (ó 20 mg/100 g) cianuro como el máximo permitido en esta especie para consumo por seres humanos (Ibid).

El ácido cianhídrico está liberado y vaporizado al cocinar los frijoles en agua. Generalmente no habría peligro en comer el frijol Lima preparado en agua hirviendo sin tapar la olla. Sin embargo se han reportado casos de muertes por envenenamiento al ingerir semillas de P. lunatus (Ibid, Purseglove, 1968). También se conocen casos de síndromes neuropatológicos por intoxicación crónica con cianuro, debido a dietas monótonas de yuca, que tiene altas concentraciones de cianuro (Gómez, 1977; Montgomery, 1969).

Sobre la heritabilidad del nivel de cianuro en la planta no se encontró ninguna referencia, aunque Montgomery (1969) mencionó que la selección sistemática en variedades comerciales del frijol Lima ha reducido considerablemente el nivel de cianuro presente.

El estudio en CIAT empezó evaluando las accesiones de P. lunatus respecto a la presencia de cianuro. Para preparar las muestras necesarias, se molió una pequeña cantidad de semillas que pesaba aproximadamente 5 gr., hasta convertirla en harina. El análisis químico para determinar el contenido de cianuro, se realizó por el Laboratorio de Servicios Analíticos en CIAT, según la metodología de Cooke (1979).

Los resultados del análisis se muestran en el Cuadro 16.

Se observa que la concentración de cianuro total varía entre 30 ppm y 344.4 ppm. Dos líneas números G 25105 y G 25108 tuvieron contenidos totales más grandes que otras líneas. Sin embargo, se nota que las concentraciones fueron mucho menores que las extremadamente altas (hasta 3120 ppm) mencionadas por Montgomery (1969) y que solamente las dos líneas con los valores más altos pasaron el límite de 200 ppm indicado por la Superintendencia para Drogas y Alimentos de los Estados Unidos.

Con los resultados de esta evaluación, se realizó un análisis de regresión entre contenido de cianuro total y rendimiento promedio de las líneas incluidas en los ensayos regionales (Ver el Cuadro 17). Se obtuvo el coeficiente de correlación: $r = .39^*$ ($p = .05$), o sea que hubo una correlación significativa y positiva entre contenido de cianuro y rendimiento. Un buen ejemplar de esta relación es la línea G 25105, que obtuvo el contenido total de cianuro más alto y que en cinco ensayos regionales, fue la mejor de 36 líneas en cuanto a rendimiento. Sin embargo, la segunda línea en nivel de rendimiento, la G 25096, tuvo el penúltimo nivel bajo de cianuro. Si fuera confirmada la correlación en cuestión, implicaría que en seleccionar con base en rendimiento se podría seleccionar inconscientemente líneas con concentraciones de cianuro más altas. Tal vez el cianuro sirve como un compuesto tóxico en la defensa de la planta contra plagas y enfermedades, pero actualmente no se conoce el papel de este químico en la planta.

No parece que habría peligro en seleccionar para rendimiento con las líneas incluidas en estos ensayos por las pocas líneas con contenidos altos de cianuro. Sin embargo, podría ser un factor más importante en colecciones con una frecuencia mayor de líneas con concentraciones altas de

cianuro. En todo caso, se recomendaría que se realice un análisis para cianuro por lo menos una vez durante cualquier programa de selección en P. lunatus, para poder evaluar este factor como consecuente o no.

Como padres para el estudio de cruzamiento, se escogieron las líneas G 25108 (cianuro alto) y G 25096 (cianuro bajo); se efectuaron los cruzamientos, se cosecharon las semillas F_1 y se sembraron para producir la generación F_2 . Fue imposible evaluar la semilla F_1 para contenido de cianuro, debido a la forma destructiva en que se debieron tomar las muestras. Se cosecharon las semillas de la generación F_2 y hubo que sacrificar varias semillas, para tener una muestra de 4 gr. Los resultados del análisis se presentan gráficamente en la Figura 5.

Se observa que la segregación de los híbridos tenía una forma continua y que ninguno de ellos tuvo una concentración de cianuro tan alta como la del padre G 25108. Aunque los datos son pocos y preliminares, se podría pensar en que esta característica tiene una herencia de tipo cuantitativo, tal vez aditiva. La característica "concentración de cianuro" como tal, es un problema cuantitativo antes que cualitativo. Estos resultados sugieren que líneas con alto nivel de cianuro se podrían utilizar como padres en un programa de cruzamiento seleccionando para híbridos con concentraciones de cianuro tan bajas como se desee.

Otro aspecto del cruzamiento es la comparación entre cruce con la madre G 25108 y cruce con la madre G 25096 para evaluar posibles efectos maternos. Sin embargo, no había una diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos, como se aprecia en la Figura 5.

Otro análisis que se planea hacer se basa en una correlación entre color de la semilla y concentración de cianuro. Se clasificarán las semillas por tipo e intensidad del color y por la proporción de superficie que ocupan en la semilla

en casos de mezclas de colores. Calculando un índice de estos datos, se hará una regresión para la concentración de cianuro. Se espera que un análisis cuantitativo dé resultados precisos.

En investigaciones futuras, sería interesante comparar líneas de cianuro alto y de cianuro bajo respecto a daños por insectos y enfermedades. Un control sería proteger las plantas utilizando químicos para mantener un estado sanitario igual para ambas líneas. Así se podrían comparar los rendimientos y evaluar la importancia de cianuro como mecanismo de defensa en la planta. También se necesitarían investigaciones fisiológicas en el laboratorio, para entender mejor este fenómeno.

Concluyendo se recalca otra vez la importancia de evaluar germoplasma de P. lunatus para cianuro, preferiblemente temprano, en un programa de selección. Posteriormente, con pocas líneas promisorias, se podrían hacer análisis más completos sobre la preparación de las semillas como alimento, tiempo que deben cocinarse y preferencias de los consumidores. Es muy probable que el cianuro afecte el sabor del frijol Lima e influya en el gusto de los consumidores.

VIII. Recomendaciones para Investigaciones Futuras con P. lunatus en CIAT.

En este momento, la Unidad de Recursos Genéticos cuenta con 1700 accesiones de P. lunatus, habiendo recibido colecciones de varias partes recientemente, incluyendo la del IITA en Nigeria. Por lo tanto, la prioridad ahora es evaluar todas las accesiones respecto a características morfológicas y agronómicas, también así características genéticas tales como resistencias a enfermedades y plagas. Se han iniciado estas evaluaciones en la Unidad de Recursos Genéticos, ahora debería pensarse en intensificar la colaboración con los

departamentos de Fitopatología, Entomología y Agronomía del Programa de Fríjol en CIAT. Como son relativamente pocos materiales, en muchos casos se podrían incluir en las evaluaciones para P. vulgaris sin mayor esfuerzo adicional.

Además, los investigadores de Leguminosas en el ICA han mostrado su interés por este fríjol y su disponibilidad para colaborar en la evaluación de las accesiones, usando sus estaciones regionales. Se podría determinar un plan de trabajo distribuyendo tareas entre ICA y CIAT para acelerar el proceso investigativo.

En un principio, la selección de líneas sería un tema de investigación interesante para CIAT, sin tener que empezar con un programa de hibridación. Debe existir una cantidad de variación enorme dentro de la colección que actualmente se posee y que fue suministrada por diferentes fuentes. Las investigaciones reportadas en este artículo han reconfirmado el potencial para el fríjol Lima de adaptarse a muchos ambientes y de producir bien bajo condiciones adversas. Otro aspecto de la variación presente en la colección que se debe estudiar más, es la existencia de muchos colores, tamaños y formas de la semilla. Pensando en las preferencias de los consumidores en cuanto a estas características, se ha indicado en este informe que existe una varianza amplia para ellas, aun dentro de las líneas más rendidoras. Ahora se necesitan estudios empíricos sobre aspectos de mercadeo y consumo. Tal vez no exista demanda para el fríjol Lima en Colombia, solamente por desconocimiento de su existencia, por dificultades de distribución y por falta de una variedad que reúna las características deseadas en cuanto a color, sabor, etc. Con los estudios indicados y conocimientos sobre las líneas en el Banco de Germoplasma, se podrían seleccionar rápidamente unas líneas apropiadas, especialmente para zonas como las de la Costa, donde le gustaría a la gente sembrar fríjoles, pero no pueden sembrar el fríjol común.

Actualmente el fríjol Lima presenta unos problemas agroeconómicos. El manejo del tipo trepador requiere una forma de soporte especial para lograr mayores rendimientos ofreciendo la oportunidad de varias cosechas por su naturaleza perenial. También podría aprovecharse para cultivos intercalados. Encontrar el mejor sistema de manejo para el tipo trepador sería tal vez más difícil para el fríjol Lima que para el fríjol común trepador, debido al follaje más vigoroso del fríjol Lima y a su duración más larga en el campo. Además la vaina de muchas líneas del fríjol Lima tiene una espina que molesta mucho al cosecharse. A nivel de mecanización, se presentan problemas en la cosecha por la duración del follaje y en la trillada de semillas delicadas del tipo "Lima grande".

Existen mucho más campos para investigaciones interesantes. Lo importante es acentuar las potencialidades que existen para ello en los Programas de Fríjol y Recursos Genéticos de CIAT, para ser aplicadas a la investigación de P. lunatus. Sin gran inversión de recursos se podría lograr un aumento considerable en la producción de fríjol al introducir el fríjol Lima en áreas inapropiadas para el fríjol común, por la buena productividad del fríjol Lima bajo las condiciones más variadas.

Bibliografía

- Allard, R. W. 1954. Natural hybridization in lima beans in California. Proc. ASHS 64: 410-416.
- Allard, R. W., and W. M. Clement. 1959. Linkage in lima beans. J. Hered. 50: 63-67.
- Bonnefil, L. 1965. Las plagas del frijol en Centroamérica y su combate. In: Reunión Anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 11a. Panamá, 1965. Informe. Guatemala, Librería Indígena. pp. 95-103.
- Cetas, R. C., and R. E. Wester. 1956. Natural crossing in Lima beans on Long Island, New York, in 1955. ASHS 392-393.
- CIAT. 1975. Annual Report. CIAT, Cali, Colombia.
- CIAT. 1976. Annual Report. CIAT, Cali, Colombia.
- CIAT. 1977. Annual Report. CIAT, Cali, Colombia.
- Cooke, R. D. 1979. Enzymatic assay for determining the cyanide content of cassava and cassava products. CIAT. Cali, Colombia. 14 pp.
- Coyne, D. P., and M. L. Schuster. 1974a. Inheritance and linkage relations of reaction to Xanthomonas phaseoli (E. F. Smith) Dowson (common blight), stage of plant development and plant habit in Phaseolus vulgaris L. Euphytica 23: 195-204.
- Coyne, D. P., and M. L. Schuster. 1974b. Breeding and genetic studies of tolerance to several bean (Phaseolus vulgaris) bacterial pathogens. Euphytica 23(3): 651-656.

- Coyne, D. P., Schuster, M. L., and Harris, L. 1965. Inheritance, heritability, and response to selection for common blight (Xanthomonas phaseoli) tolerance in Phaseolus vulgaris field bean crosses. Proc. of the Amer. Soc. for Horticultural Science. 86: 373-379.
- Coyne, D. P., M.L. Schuster, and K. Hill. 1973. Genetic control of reaction to common blight bacterium in bean (Phaseolus vulgaris) as influenced by plant age and bacterial multiplication. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 (1): 94-99.
- Gómez, G. G. 1977. Progresos en la investigación sobre la utilización de yuca como alimento para porcinos. Seminario interno. Serie SE-04-77. CIAT, Cali, Colombia.
- Gonzalez, B., J. E. 1959. Datos preliminares sobre la distribución y control de los insectos de frijol en el Peru. Revista Peruana de Entomología Agrícola. 2(1): 84-86.
- Gonzalez, B., J. E. 1960. Control químico de Empoasca kraemeri Ross & Moore (Homopt: Jassidae) en el frijol. Revista Peruana de Entomología Agrícola (Lima). 2(1): 59-62.
- Gutierrez, P., U. Infante, M. and Pinchinat, A. 1975. Situación del cultivo de frijol en América Latina. Seminario interno. Serie ES-19. 33 p. CIAT, Cali, Colombia.
- Honma, S. and O. Heeckt. 1958. Bean interspecific hybrid involving Phaseolus coccineus x P. lunatus. Proc. ASHS 72: 360-364.
- Honma, S. and O. Heeckt. 1959. Interspecific hybrid between Phaseolus vulgaris and P. lunatus. Journal of Heredity.
- Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Programa Nacional de Suelos, Estudios Agrológicos. 1971. Reconocimiento de los suelos del CNIA - Turipaná. 219 pp.

- Laing, D. R. Sin publicar. Datos sobre condiciones meteorológicas en Patía, Colombia.
- Lorz, A. P. 1952. An interspecific cross involving the Lima bean (Phaseolus lunatus L.) Science 115: 702.
- Mok, D. W. S., Mok, M. C., and Rabakoarihanta, A. 1978. Interspecific hybridization of Phaseolus vulgaris with P. lunatus and P. acutifolius. Theoretical and Applied Genetics 52: 209-215.
- Montgomery, R. D. 1969. Cyanogens. In: Liener, I. E. ed. Toxic Constituents of Plant Foodstuffs. Academic Press. New York. pp. 143-157.
- National Academy of Sciences. 1979. Tropical Lima bean. IN: Tropical Legumes: Resources for the Future. National Academy of Sciences. Washington, D. C.
- Pillemer, E. A., and Tingey, W. M. 1976. Hooked trichomes: a physical plant barrier to a major agricultural pest. Science 193: 482-484.
- Pillemer, E., and Tingey, W. M. 1978. Hooked trichomes and resistance of Phaseolus vulgaris to Empoasca fabae (Harris). Entomología Experimentalis et Applicata 24 (1): 83-94.
- Pinstrup-Andersen, P., Ruiz de Londoño, N and Infante, M. 1976. A suggested procedure for estimating yield and production losses in crops. Pans 22(3): 359-365.
- Pompeu, A. S., and Crowder, L. V. 1972. Inheritance of resistance of Phaseolus vulgaris. L (dry beans) to Xanthomonas phaseoli Dows (common blight). Ciencia e Cultura 24(1): 1055-1063.
- Purseglove, J. W. 1968. Tropical crops. Dicotyledons. pp. 296-301. Longman, London.

- Rachie, K. O., L. Song, and J. Lyman. In press. Lima bean (Phaseolus lunatus) and its potential in the tropics. Proc. International Legume Conference. July 24 - Aug. 4, 1979. Kew Gardens. England.
- Ruiz de Londoño, N. 1977. Barreras a los incrementos de productividad de frijol a nivel de finca en Colombia. Cali, Colombia, CIAT. 28 p. Presentado en Curso Intensivo de Adiestramiento en Producción de Frijol para Investigadores de América Latina.
- Schwartz, H. F., and Sanders, J. H. 1979. Plant diseases of dry beans (Phaseolus vulgaris L.) in Latin America and strategies for their control. 25 p. CIAT, Cali, Colombia.
- Schwartz, H. F., G. G. Galvez, A. v. Schoonhoven. R. H. Howeler. P. H. Graham, C. Flor. 1978. Field problems of beans in Latin America. CIAT, Cali, Colombia.
- Song, L. Comunicación personal. CIAT, Cali, Colombia.
- Vieira, C., J. A. H. Freire, and J.O. G. Lima. 1971. Doenças e pragas do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) en Minas Gerais. Revista Ceres 18(99): 369-380.
- Welch, J. E., and E. L. Grimbail, Jr. 1951. Natural crossing in Lima beans in South Carolina. Amer. Soc. Hort. Sci. 58: 254-256.
- Wolfenbarger, D., and J. P. Slesman. 1961 c. Resistance to the potato leafhopper in Lima bean lines, interspecific Phaseolus crosses, Phaseolus spp., the cowpea, and the Bonavist bean. Journal of Economic Entomology 54(6): 1077-1079.
- Yarnell, S. H. 1965. Cytogenetics of vegetable crops. IV. Legumes. The Botanical Review. 31(3): 247-330.

- Yoshii, K. 1979. Common and fuscous blights. In: Bean Production Problems: Disease, Insect, Soil and Climatic Constraints of Phaseolus vulgaris. Ed. by H. F. Schwartz and G. E. Galvez. CIAT, Cali, Colombia.
- Zaumeyer, W. J., and H. R. Thomas. 1953. Field diseases of beans and Lima beans. USDA Yearbook of Agriculture. 393-400.
- Zaumeyer, W. J., and H. R. Thomas. 1957. Bean diseases and methods for their control. Tech. Bull. No. 868. pp. 65-74.
- Zaumeyer, W. J., and H. R. Thomas. 1962. Bean diseases - how to control them. Agric. Handbook No. 225, USDA.

Cuadro 1. Características de las 36 líneas de Ph. lunatus incluidas en los ensayos regionales.

<u>Ph. lunatus</u> Línea #	Hábito de Crecimiento	Procedencia	Color de Semilla
25006	IV	Brasil	Crema
25011	IV	Brasil	Rojo
25014	IV	Brasil	Rojo
25016	IV	Brasil	Rojo
25018	IV	Brasil	Morado
25019	IV	Brasil	Rojo
25021	IV	Brasil	Negro
25022	IV	Brasil	Rojo
25023	IV	Brasil	Rojo
25024	IV	Brasil	Morado
25025	IV	Brasil	Amarillo/Rojo ¹
25026	IV	Brasil	Crema/Rojo
25037	IV	Brasil	Blanco
25046	IV	Brasil	Rojo
25055	IV	Brasil	Rojo
25058	IV	Brasil	Amarillo/Negro
25061	IV	Brasil	Rojo
25062	IV	Brasil	Rojo
25065	IV	Brasil	Rojo
25068	IV	Brasil	Rojo
25074	IV	Brasil	Rojo
25082	IV	Brasil	Rojo/Negro
25092	IV	Brasil	Crema
25096	IV	Brasil	Crema/Rojo
25101	IV	Brasil	Crema
25105	IV	Brasil	Rojo
25106	IV	Brasil	Crema/Negro
25108	IV	Brasil	Crema
25113	IV	Brasil	Morado
25130	IV	Perú	Crema/Morado
25132	IV	Perú	Negro
25133	IV	Perú	Crema/Rojo

Cuadro 1 (Continuación)

<u>Ph. lunatus</u> Línea #	Hábito de Crecimiento	Procedencia	Color de Semilla
25134	IV	Perú	Morado
25149	IV	Brasil	Blanco
25184	IV	Brasil	Amarillo/Rojo
25189	IV	Brasil	Rojo

1/ El primer color mencionado indica el color primario; el segundo indica el color secundario.

Cuadro 2. Características de las seis líneas de P. vulgaris incluídas en los ensayos regionales para comparación.

<u>P. vulgaris</u> Línea #	Hábito Crecimiento	Origen	Color de semilla	Observaciones
P260	IV	Chile	Crema	Adaptado para temperaturas altas, >25°C
P589	IV	Colombia	Crema	" " " " "
P364	IV	Congo	Blanco	Adaptado para temperaturas medianas, 18-25°C
G2268	IV	Mexico	Crema	" " " " "
P732	IV	Ecuador	Amarillo	Adaptado para temperaturas bajas, < 18°C
P355	IV	Mexico	Gris	" " " " "

Cuadro 3. Datos meteorológicos para localidades de ensayos regionales.¹

LOCALIDAD \ DATO	Coordenados	Altitud (m)	Temp. Media Anual (°C)	Precip. Media Anual (mm)	Epoca(s) Seca(s)	Humedad Relat. Media (%)
Quilichao ²	Lat. 3°06'N Long. 76°31'W	990	22.6	1845	Julio-Agos.	77.0
Palmira ³	Lat. 3°31'N Long. 76°18'W	1001	23.7	1176	Dic-Marzo Junio-Sept.	71.8
Patía ⁴	Lat. 1°56'N Long. 77°10'W	618	28.2	1000	Julio-Sept.	61.5
Montería ⁵	Lat. 8°49'N Long. 75°47'W	20	28.0	1180	Dic-Marzo	83.0

¹Fuentes: CIAT (1975, 1977), ICA (1971), Laing (sin publicar).

²Las medias de precipitación son promedios de 10 años. Otros promedios son de 5 años.

³Promedios de 44 años.

⁴Promedios de 2 años, excepto para precipitación, que fue estimada (no hay datos disponibles).

⁵Promedios de 12 años.

Cuadro 5. Rendimiento promedio de semilla seca de P. lunatus en cuatro sitios colombianos, con sus índices ambientales

Sitio Año	Dato	Rendimiento Promedio (kg/ha)	Rendimiento Máximo (kg/ha)	Rendimiento Mínimo (kg/ha)	No. de Observa- ciones	LSD (kg/ha)	Coefficiente de varianza %	Índice ¹ Ambiental
Palмира 1978B		4734	6582	952	126	30.5	24.5	2094
Quilichao 1978A		2293	4071	247	184	14.2	34.4	-347
Quilichao 1979A		2556	4477	600	117	20.5	27.8	-84
Patía 1979A		1844	3138	94	100	41.6	67.0	-796
Montería 1979B		1646	3308	206	126	16.5	35.8	-994
Todos sitios (ponderado)		2640	6582	94	638	7.4	53.6	

$$1/ \text{Índice ambiental} = \bar{X}_{\text{sitio}_i} - \bar{X}_{\text{todos sitios}}$$

Cuadro 4. Datos edáficos para localidades de ensayos regionales.

LOCALIDAD	pH	%OM	ppm P ⁺	miliequivalentes/100g suelo						Na %sat	Cond. mhos/cm	ppm				
				Al	Ca	Mg	K	Na	CEC			B	Zn	Mn	Cu	Fe
Quilichao ¹ Virgen	4.0	5.8	1.7	4.18	.31	.12	.10	.02	20.5	-	-	-	-	19.4	-	-
Quilichao ¹ Fertilizado	4.2	5.4	1.6	3.25	.55	.08	.06	.04	20.8	-	-	-	-	45.7	-	-
Palмира ²	7.0	5.1	69.2	trace	18.18	13.42	.82	.30.	32.3	.93	1.02	.60	1.74	47.8	.21	.8
Patía ³	6.3	3.8	12.8	trace	15.83	8.33	.45	.09	28.3	-	-	.19	2.87	-	-	-
Monterfa ⁴	6.2	3.5	21.6	trace	8.30	7.73	.87	.12	18.1	-	-	.72	4.20	93.7	2.60	34.5

¹Datos promedio de 4 muestras probadas en Abril, 1978.

²Datos promedio de 30 muestras probadas en Abril, 1977.

³Datos promedio de 3 muestras probadas en Agosto, 1978.

⁴Datos promedio de 3 muestras probadas en Septiembre, 1979.
Determinado usando el método Bray II.

Cuadro 6. Rendimiento promedio de cinco ensayos regionales, coeficientes de correlación para la regresión de rendimiento y sitio, e índices de adaptación (coeficiente de regresión, \hat{b}_i) para líneas de P. lunatus y P. vulgaris.

Rango	Línea ¹	Rendimiento promedio (kg/ha)	r	\hat{b}_i
1	25105	3288.60	.97	1.38
2	25096	3159.63	.98	1.22
3	25019	3149.41	.95	1.17
4	25074	3133.20	.97	1.03
5	25016	3117.85	.97	1.23
6	25058	3098.56	.89	1.09
7	25189	3075.87	.79	.66
8	25108	3052.72	.97	1.05
9	25055	3051.32 ^e	.97	1.17
10	25184	3023.65	.97	1.20
11	25025	3009.27	.99	1.06
12	25014	2971.16	.98	1.07
13	25023	2916.24	.99	1.24
14	25018	2901.48	.99	1.16
15	25061	2899.47	.99	1.15
16	25024	2897.14	.99	1.14
17	25106	2868.35	.96	1.27
18	25068	2869.95	.98	1.07
19	25101	2828.55	.97	.96
20	25092	2827.92	1.00	1.27
21	25006	2789.33	.99	1.30
22	25011	2782.71	.98	1.10
23	25065	2768.47	.86	.96
24	25026	2737.16	.91	.89
25	25130	2732.69	.95	1.10
26	25021	2725.92	.98	1.51
27	25063	2705.50	.96	1.02
28	25149	2619.22	.94	1.11
29	25022	2610.96	.93	1.33
30	25046	2602.44	1.00	1.05
31	25132	2408.72	.93	1.01
32	G2268-P.v.	2388.78 ^e	1.00	.56
33	P589-P.v.	2388.06 ^e	1.00	.55
34	25134	2374.00	.89	.93
35	25037	2314.83	.99	.87
36	25133	2211.55	.95	.98
37	25082	2210.10	.86	.70
38	25113	1926.36	.31	.29
39	P364-P.v.	1893.38 ^e	1.00	.28
40	P260-P.v.	1366.34 ^e	1.00	1.05
41	P355-P.v.	1342.91 ^e	.96	.77
42	P732-P.v.	1203.47 ^e	.57	.34

1/ "P.v." en esta columna indica una línea de P. vulgaris.

2/ "e" en esta columna indica que el valor fue estimado por falta de datos.

Cuadro 7. Clasificación de líneas de *Ph. lunatus* por color de la semilla y rendimientos promedios de los grupos.

Color de la semilla ¹	No. Líneas	Rendimiento Promedio ²	\hat{b}_i Promedio
Amarillo/2°	3	3044 a	1.12
Rojo	14	2931 a	1.12
Crema	5	2880 a	1.15
Crema/2°	5	2742 a	1.09
Morado	3	2724 a	1.08
Negro	2	2567 a	1.26
Blanco	2	2467 a	.99

1/ En esta columna, un color seguido por "/2°" indica que la semilla tiene un color secundario.

2/ Promedios en esta columna seguidos por la misma letra no son diferentes ($p = .05$).

Cuadro 9. Características de seis líneas de P. lunatus escogidas como padres para los cruzamientos.

Línea	Origen	Hábito de Crecimiento	Color de la Semilla	Tipo de la Semilla ¹	Peso 100 Semillas (g)	Observaciones
25035	Brasil	Indeterminado	Negro	Papa	47.4	"Resistente" a bacteriosis
25170	Perú	Determinado	Blanco	Lima grande	132.8	"Suceptible" a bacteriosis
25172	Perú	Indeterminado	Blanco	Lima grande	176.0	"Resistente" a Emposca
25031	Brasil	Indeterminado	Blanco	Papa	52.1	"Suceptible" a Emposca
25108	Brasil	Indeterminado	Crema	Sieva	59.5	Nivel alto de Cianuro
25096	Brasil	Indeterminado	Crema/Rojo ²	Papa	33.1	Nivel bajo de Cianuro

¹Clasificación para formas de la semilla en P. lunatus. El tipo "papa" es pequeño y redondo; el tipo "sieva" es mediano y más plano; el tipo "Lima grande" es grande y plano.

²El primer color mencionado es el principal; el otro es secundario.

Cuadro 10. Datos sobre los cruzamientos entre seis líneas de P. lunatus.

Hibridización Estudio	Padres	Cruzamiento	No. cruces Intentados	No. Éxitos (%)	No. plantas F ₁	No promedio semillas F ₂ /planta F ₁	No. total semillas F ₂
<u>Xanthomonas phaseoli</u>	25035 "resis."	25035 25170	54	7 (13.0)	16	15.6	250
	25170 "sucep."	25170 25035	102	1 (1.0)	2	25.0	40
<u>Empoasca kraemeri</u>	25172 "resis."	25172 25031	36	5 (13.9)	4	11.5	46
	25031 "sucep."	25031 25172	62	9 (14.5)	17	14.6	249
Cianuro	25108 "alto"	25108 25096	52	1 (1.9)	3	36.3	109
	25096 "bajo"	25096 25108	29	4 (13.9)	8	24.9	195
Totales	6	6	335	27	50	-	889

Cuadro 11. Resultados de la evaluación de los síntomas causados por el añublo bacterial común (*Xanthomonas phaseoli*) en 189 líneas de *P. lunatus*. Inoculación en la casa de malla con cortes en la primera hoja trifoliata. Inoculo #120 y "P. lunatus" a una concentración de 5×10^7 células/ml.¹

No. de líneas	Valor Promedio (VP) ²	Interpretación ³
0	$0.0 \leq VP < 1.0$	Resistente
5	$1.0 \leq VP \leq 2.0$	Tolerante
163	$2.0 < VP < 3.0$	"
19	$3.0 \leq VP < 4.0$	Suceptible
2	$4.0 \leq VP \leq 5.0$	"

Testigo	Identificación	Valor Promedio	Interpretación
"Resistente"	<i>P. acutifolius</i>	0.00	Resistente
"Resistente"	<i>P. vulgaris</i> "Jules"	2.03	Tolerante
"Suceptible"	<i>P. vulgaris</i> "Por. Sint."	4.82	Suceptible

¹En colaboración con el departamento de Fitopatología de Fríjol, CIAT.

²Se evaluaron los síntomas de las hojas según una escala de 0 (ningún síntoma) hasta 5 (amarillamiento o necrosis completa). Los valores promedios están calculados y ponderados con pesos de 6 hasta 10 evaluaciones.

³Se interpretan los resultados en la forma siguiente:

$0 \leq \text{valor} < 1$ - "Resistente"
 $1 \leq \text{valor} < 3$ - "Tolerante"
 $3 \leq \text{valor} \leq 5$ - "Suceptible"

Cuadro 12. Observaciones sobre la segregación respecto al hábito de crecimiento de los híbridos F₂ del cruzamiento entre los padres *P. lunatus* líneas 25035 y 25170.

Cruzamiento	Hábitos Observados ¹	Valgr ² χ ²	Probabilidad
25035 x 25170 - 1	18 I : 1 D	.7939	.444
- 2	7 I : 3 D	.2333	.702
- 3	19 I : 1 D	.8667	.427
- 4	16 I : 3 D	.1623	.767
- 5	15 I : 3 D	.1296	.796
- 6	15 I : 2 D	.2990	.642
- 7	5 I : 1 D	.1667	.763
- 8	4 I : 1 D	.2167	.717
- 9	14 I : 2 D	.2500	.687
-10	16 I : 3 D	.1623	.767
-11	2 I : 1 D	.5833	.477
-12	2 I : 0 D	.5000	.492
-13	16 I : 1 D	.6520	.465
-14	16 I : 9 D	.6023	.474
-15	16 I : 3 D	.1623	.767
-16	13 I : 5 D	.1296	.796
Total cruce	194 I : 39 D	2.0161	.224
25170 x 25035 - 1	7 I : 4 D	.4621	.499
- 2	26 I : 7 D	.6810	.460
Total cruce	33 I : 7 D	.2333	.702
Total 2 cruces	227 I : 46 D	9.8940	.003

¹En esta columna, "I" refiere al hábito indeterminado; "D" refiere al hábito determinado.

²Valor calculado según la corrección de Yates para el análisis χ². La relación esperada era 3 plantas indeterminadas a 1 planta determinada.

Cuadro 13. Resultados de la evaluación de los síntomas causados por el añublo bacterial común (*Xanthomonas phaseoli*) en los híbridos F₂ del cruzamiento entre los padres *P. lunatus* líneas 25035 y 25170. Inoculación en la casa de malla con cortes en hojas trifoliadas jóvenes. Inoculo #120 a una concentración de 5×10^7 células/ml.¹

Identificación	No. de Plantas	Valor Mínimo ²	Valor Máximo ²	Valor Promedio ³	Interpretación ⁴
Padres:					
25035 ("resis.")	10	1.33	3.67	2.17	Tolerante
25170 ("sucep.")	8	3.00	5.00	4.17	Suceptible
Cruzamientos:					
25035 x 25170 -12	1	1.67	1.67	1.67	Tolerante
- 8	6	0.00	3.00	1.89 a	"
- 2	9	1.67	3.00	2.08 a	"
- 4	15	0.33	4.00	2.25 a	"
- 7	6	1.33	3.33	2.33 a	"
-15	18	0.67	4.00	2.36 a	"
- 3	19	1.00	3.67	2.40 a	"
-11	3	1.67	4.00	2.56 ab	"
- 9	16	1.67	4.33	2.63 ab	"
-10	15	1.67	5.00	2.68 ab	"
-16	17	1.67	4.33	2.76 ab	"
-13	16	1.33	4.33	2.81 ab	"
- 1	18	0.67	5.00	2.88 ab	"
-14	22	0.67	5.00	3.03 ab	Suceptible
- 5	17	2.00	4.50	3.26 b	"
- 6	17	2.00	4.67	3.56 b	"
Total cruze	215	0.67	5.00	2.72	Tolerante
25170 x 25035					
- 1	11	1.67	5.00	2.48 a	Tolerante
- 2	27	1.67	5.00	3.24 a	Suceptible
Total cruze	38	1.67	5.00	3.02	Suceptible
Testigos:					
<i>P. vulgaris</i>					
Jules ("resis.")	15	1.33	3.00	2.09	Tolerante
Por. Sin. ("sucep.")	19	2.00	5.00	3.87	Suceptible
H₂O Control:					
Jules	7	0.00	1.67	0.48	-
Por. Sin.	5	0.00	1.00	0.27	-

¹En colaboración con el departamento de Fitopatología de Frijol, CIAT.

²Según escala de 0 (ningún síntoma) hasta 5 (amarillamiento o necrosis completa).

³Ponderado según número de plantas, 3 observaciones/planta. Promedios seguidos por la misma letra no son diferentes ($p=0.05$).

⁴Véase el Cuadro 11, nota 3, para interpretación de los resultados.

Cuadro 14. Resultados de la evaluación de los síntomas causados por el saltahoja (*Empoasca kraemeri*) en 185 líneas de *P. lunatus*. Infestación natural, CIAT-Palmira, Marzo-Abril, 1979.¹

No. de líneas	Valor Promedio (VP) ²	Interpretación ³
0	$0 \leq VP \leq 1$	Resistente
4	$1 < VP \leq 2$	"
69	$2 < VP \leq 3$	Tolerante
86	$3 < VP \leq 4$	Suceptible
26	$4 < VP \leq 5$	"

¹En colaboración con el departamento de Entomología de Frijol, CIAT.

²Se evaluaron los síntomas de daño según una escala de 0 (ningún daño) hasta 5 (amarillamiento, necrosis, encurvamiento y achaparramiento intenso de la hoja; producción reducida de flores y vainas). Los promedios están calculados con base en dos repeticiones y tres lecturas.

³Se interpretan los resultados en la forma siguiente:

$0 \leq \text{Valor} \leq 2$ - "Resistente"

$2 < \text{Valor} \leq 3$ - "Tolerante"

$3 < \text{Valor} \leq 5$ - "Suceptible"

Cuadro 15. Media de tricomas/cm² y daño promedio visible del saltahojas en 20 accesiones de P. lunatus.¹

Accesión	Media de Tricomas/cm ²	Grado de Dano ³
G 25192	396	4.5
25182	54	4.5
25169	2001	1.0
25137	210	5.0
25177	2088	2.0
25167	2691	2.0
25173	2754	0.5
25176	84	5.0
25160	99	4.5
25174	2346	2.0
25141	1716	1.0
25145	480	2.5
25067	75	4.5
25172	1692	0.5
25058	75	4.5
25105	84	5.0
25155	2199	2.0
25117	432	2.5
25049	102	5.0
25031	66	5.0

¹Datos de Dr. C. Cardona, CIAT, 1979.

²60 días despues de la siembra.

³Véase el Cuadro 14, nota 3.

Cuadro 16. Evaluación de 85 accesiones de P. lunatus para contenido total de cianuro.¹

Grupo	Contenido Total Cianuro (ppm) ²	No. Líneas
I	$0 \leq \text{Valor} < 51$	69
II	$51 \leq \text{Valor} < 102$	10
III	$102 \leq \text{Valor} < 153$	4
IV	$153 \leq \text{Valor}$	2

¹Análisis realizado por el Laboratorio de Servicios Analíticos.

²El promedio de todas las líneas es 51 ppm. Se calcularon los límites de los grupos multiplicando el promedio de 1 a 3 veces.

Cuadro 17. Contenido total de cianuro, rendimientos promedios y coeficiente de correlacion r para 35 líneas de P. lunatus.

Línea	Contenido Total Cianuro (ppm)	Rendimiento Promedio (kg/ha) ¹
G 25105	344.40	3289
25108	284.10	3053
25016	118.80	3118
25019	90.90	3149
25055	77.90	3051
25106	49.90	2868
25026	43.40	2737
25021	42.30	2726
25074	40.70	3133
25022	40.70	2611
25025	40.60	3009
25061	38.60	2899
25046	37.80	2602
25011	37.30	2783
25189	37.10	3076
25037	36.60	2315
25184	36.00	3024
25068	35.80	2860
25014	35.80	2971
25113	35.30	1926
25024	35.00	2897
25023	34.20	2916
25101	33.60	2829
25018	32.80	2901
25065	32.50	2768
25134	31.90	2374
25130	31.70	2733
25006	30.20	2789
25092	30.00	2828
25096	29.70	3160
25133	29.40	2212
25058	29.20	3099
25082	24.30	2110

$$r = .39* (p=.05)$$

Figura 1. Sistema de soporte utilizado en los ensayos regionales de P. lunatus.

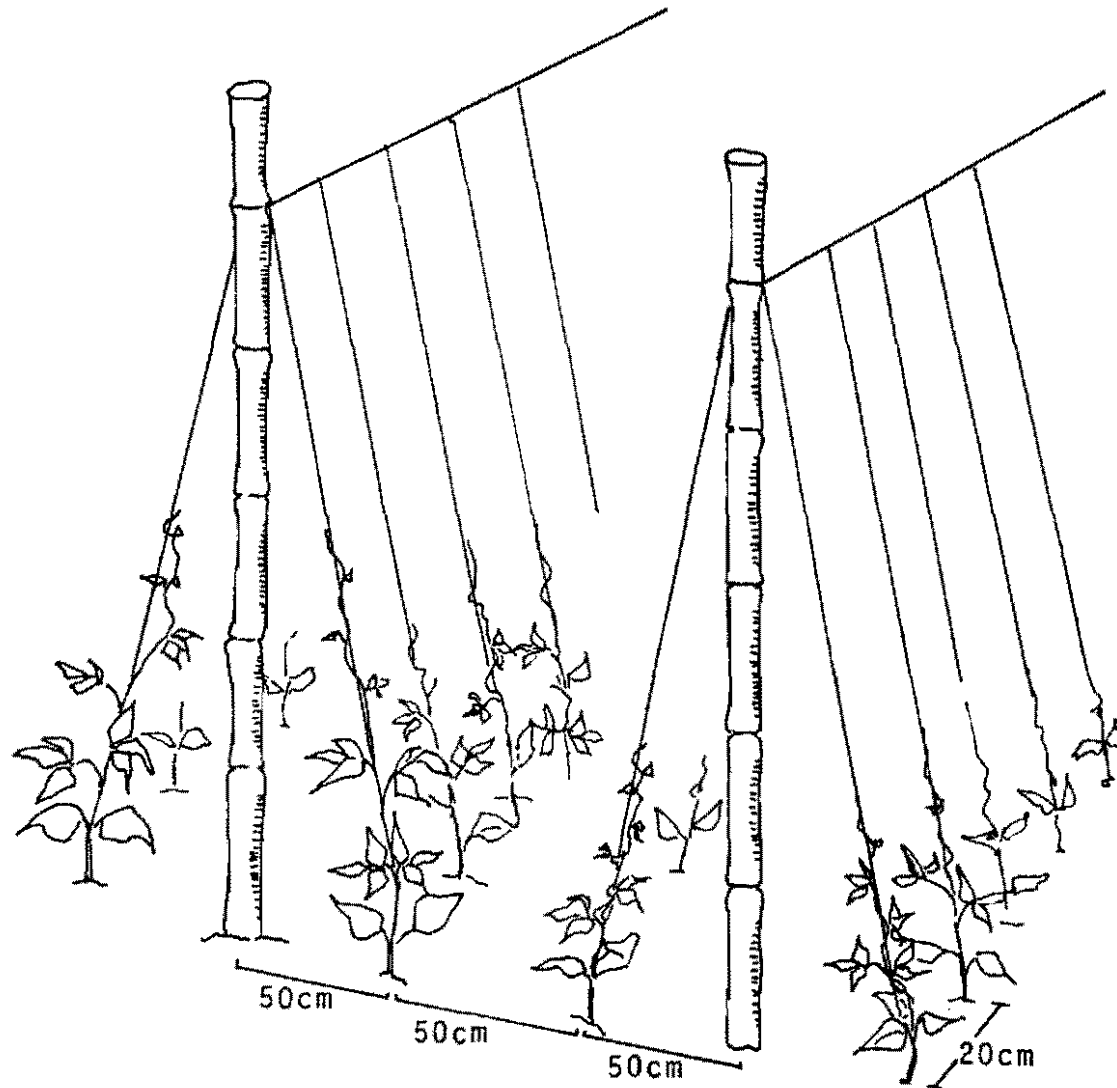


Figura 2. Redimientos promedios de las cuatro mejores líneas de *P. lunatus* en cinco ensayos regionales.

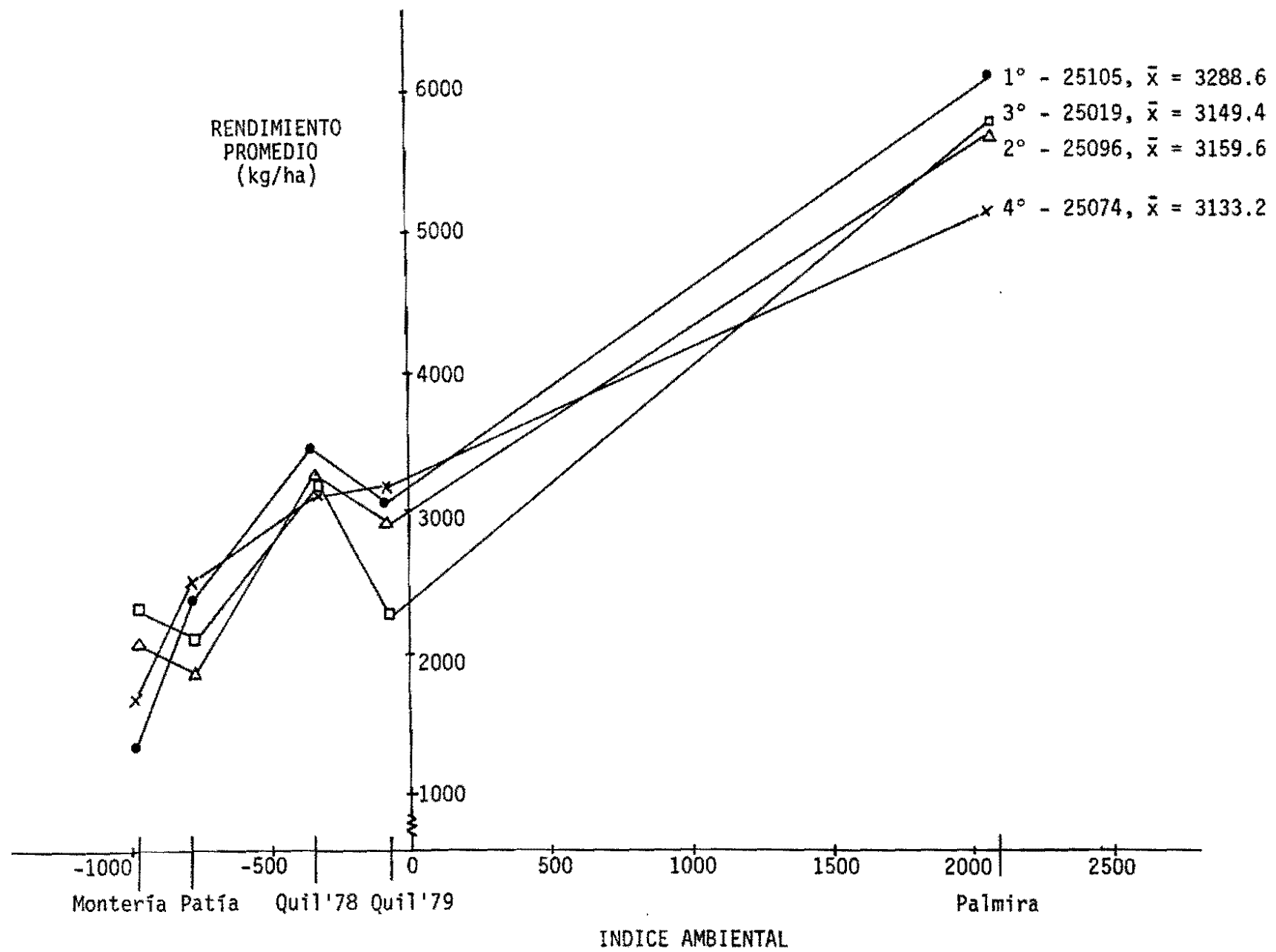
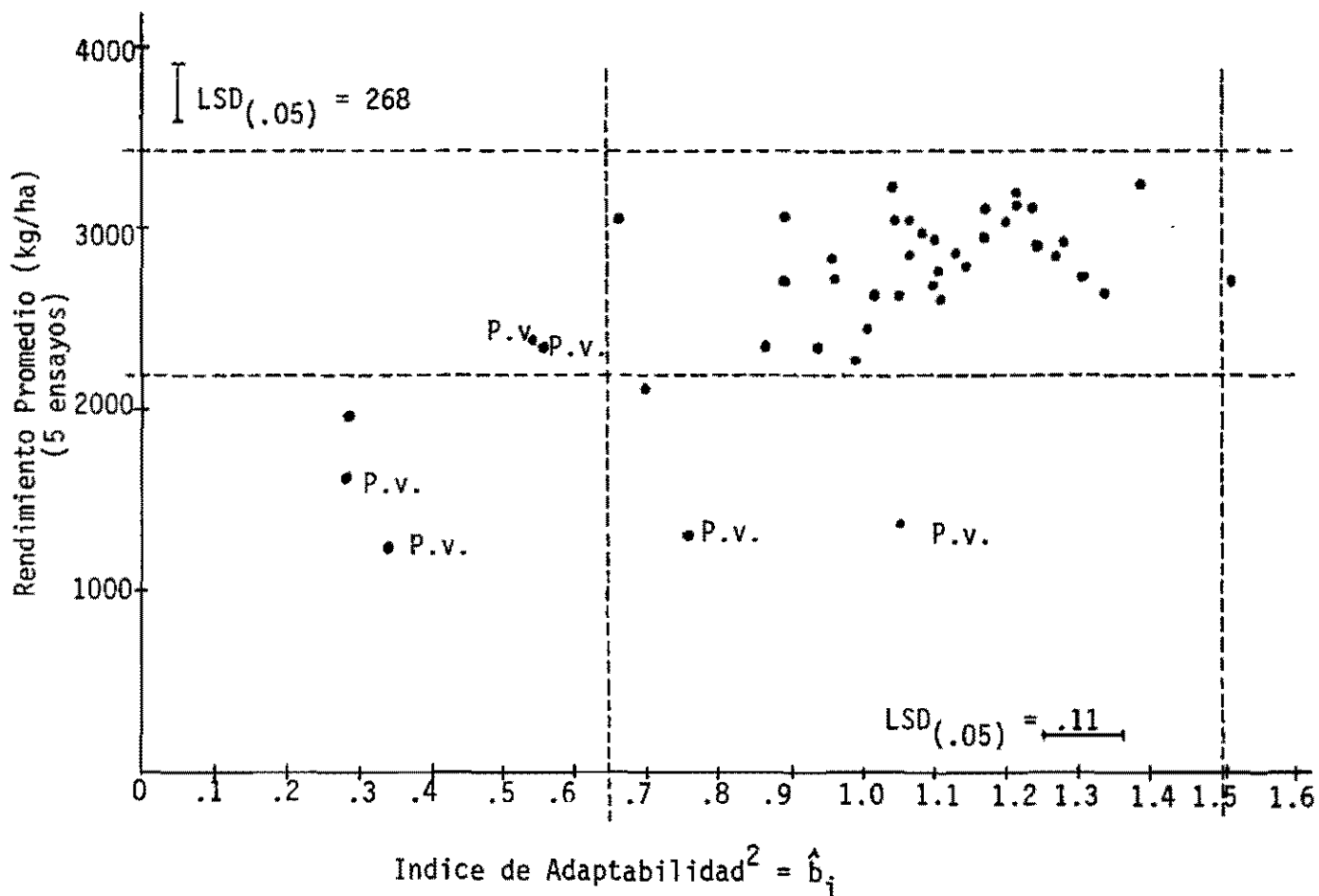


Figura 3. Rendimientos e índices de adaptabilidad para líneas de P. lunatus y P. vulgaris, de cinco ensayos regionales.¹ Intervalos de confiabilidad ($p = .05$) para ambas variables.



¹"P.v." indica P. vulgaris. Los demás puntos son P. lunatus.

²significa unidades de incremento en rendimiento (kg) por unidad de incremento del índice ambiental del sitio.

Figura 4. Rendimientos e índices de adaptabilidad para las mejores líneas de *P. lunatus*, de cinco ensayos regionales. Intervalos de confiabilidad ($p=.05$) para ambas variables divididos en tres partes para indicar promedios.¹

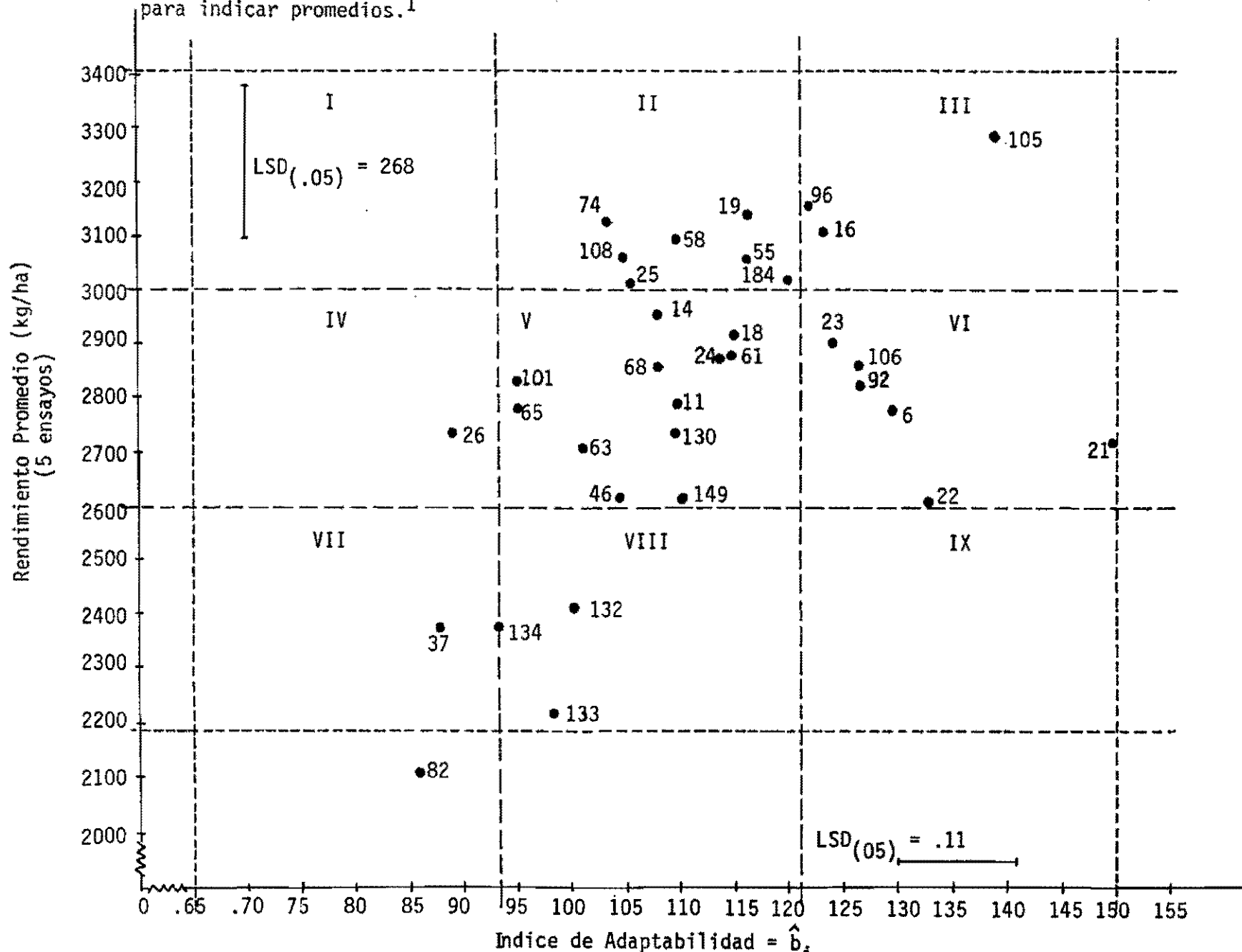
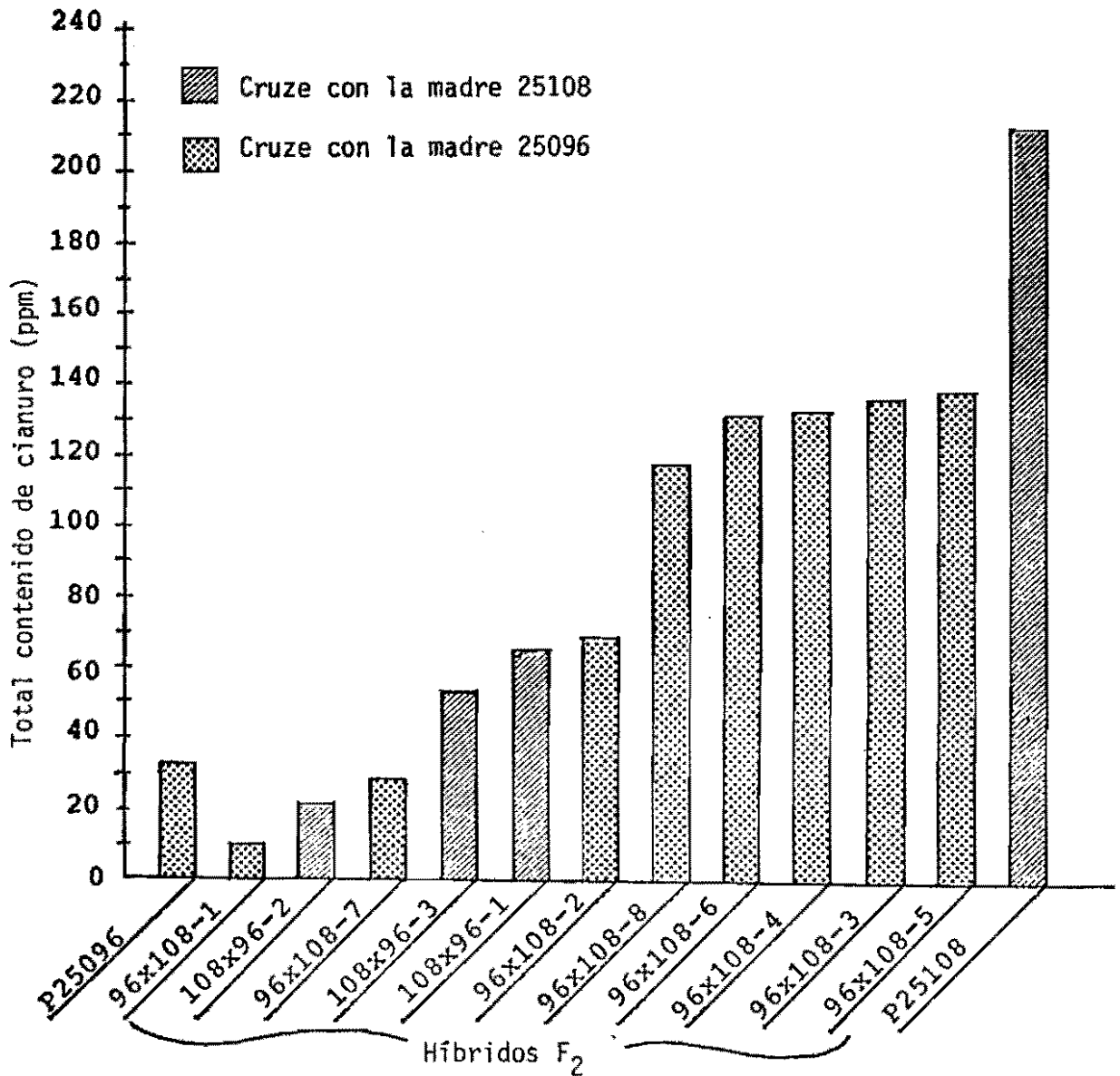


Figura 5. Contenido total de cianuro en las semillas de las líneas de *P. lunatus* #25108, 25096 e híbridos F₂.



¹Determinación por el método de Cooke (1979).

²Los pedigrees representan los cruzamientos 25108 x 25096 y 25096 x 25108, pero están dados en forma corta por razones de espacio.