

ESTIMACION DE LA HEREDITABILIDAD DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES
PRIMARIOS EN EL FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris L.); CORRELACIONES
FENOTIPICAS Y GENOTIPICAS ENTRE ESTOS CARACTERES

Por

Jacques Clarel Denis

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Septiembre, 1967

ESTIMACION DE LA HEREDITABILIDAD DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES
PRIMARIOS EN EL FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris L.); CORRELACIONES
FENOTIPICAS Y GENOTIPICAS ENTRE ESTOS CARACTERES

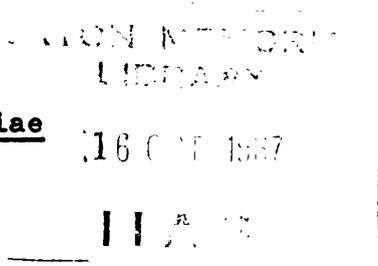
Tesis

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

de

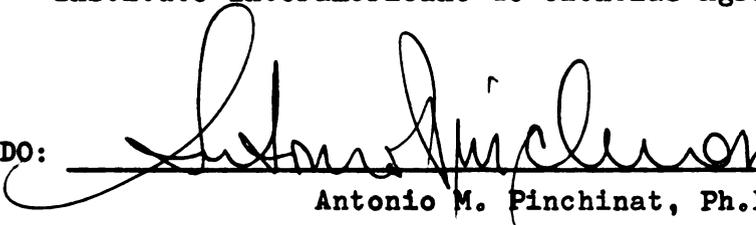
Magister Scientiae

en el

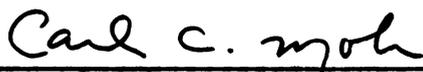


Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

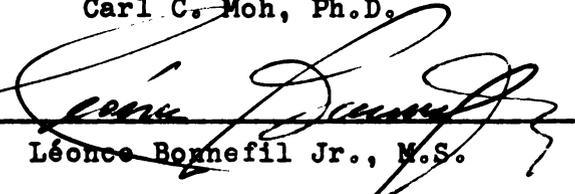
APROBADO:


Antonio M. Pinchinat, Ph.D.

Consejero


Carl C. Moh, Ph.D.

Comité

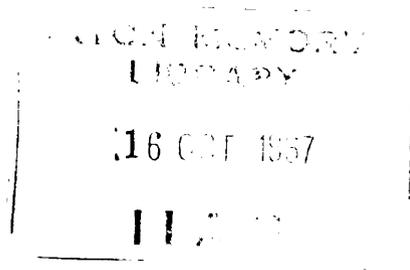

Léonce Bonnefil Jr., M.S.

Comité


Hans Trojer, Ph.D.

Comité

Septiembre, 1967



A ma mère, Colette
et à mon beau-père, Jean

AGRADECIMIENTOS

El responsable del presente trabajo quiere expresar su gratitud:

A su Consejero Principal, Dr. Antonio M. Pinchinat, por su asesoramiento.

A los demás miembros de su Comité Consejero, Dr. Carl C. Moh, Ing. Agr. Léonce Bonnefil y Dr. Hans Trojer, por su colaboración.

De manera especial al Profesor Steen Justesen, quien puso lo mejor de sí mismo en darle su actual preparación en Estadística.

A la Oficina de Becas y Cátedras de la OEA por el otorgamiento de la beca que le sirvió para financiar sus estudios en el IICA.

Al personal de la Secretaría de Enseñanza de esta institución, por la múltiple ayuda prestada durante la ejecución de este estudio.

A toda persona que en una forma u otra ha ayudado al autor en la presentación del texto.

BIOGRAFIA

El autor nació en Puerto Príncipe, capital de la República de Haití, el 11 de agosto de 1938. Recibió su preparación escolar en esta ciudad: sus estudios primarios en la escuela Jean-Marie Guilloux y sus estudios secundarios alternativamente en el liceo Antenor Firmin, el Centro de Estudios Secundarios y el liceo Alexandre Petion. Ingresó a la Facultad de Agronomía de su país en 1959, de donde salió graduado de Agrónomo en 1963. Inició su carrera en el Departamento de Agricultura del mismo país, donde trabajaba con el título de Agrónomo agregado al "Proyecto UNSF/FAO de Gonaives y del Noroeste.

En septiembre de 1965, beneficiario de una beca de la OEA, ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas para dar inicio a sus estudios de especialización en el campo de la Genética Vegetal y el Fito-mejoramiento, egresando en septiembre de 1967.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
Conceptos básicos de la hereditabilidad	2
Estimación de la hereditabilidad	3 ✓
Algunos valores de la hereditabilidad	4
Correlaciones fenotípicas y genotípicas entre los caracte- res hereditarios	5
III. MATERIALES Y METODOS	7
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	12
A. Variancias	
1. Variancias del error y de las interacciones líneas x ambiente	12
a. Variancias del error (S_E^2) y de la doble inter- acción (S_{VLY}^2)	12
b. Variancias de las interacciones líneas x épocas de siembra (S_{VY}^2) y líneas x localidades (S_{VL}^2)...	13
2. Variancias genéticas (V_G)	16
a. V_G comparada a los demás componentes de variancia	17
b. Coeficiente de variación genética	17
c. Hereditabilidad	18
d. Progreso genético esperado	19

	<u>Página</u>
B. Correlaciones	20
1. Correlaciones fenotípicas	20
2. Correlaciones genotípicas	20
C. Consideraciones finales	21
W. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23
VI. RESUMEN	24
VII. SUMMARY	26
VIII. RESUME	28
LITERATURA CITADA	29
APENDICE	32

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Esquema parcial del análisis combinado	9
2	Estimación de componentes de variancia	9
3	Estimaciones de los componentes de variancia	13
4	Cálculos de los porcentajes de hereditabilidad y de progreso genético esperado	16
5	Correlaciones fenotípicas y genotípicas	20

INTRODUCCION

El frijol constituye una fuente importante de proteínas en varias zonas de América. Hoy día se piensa que este grano no tiene sustituto en la alimentación de las poblaciones centroamericanas.

Sin embargo, debido a los bajos rendimientos unitarios, la producción actual del frijol en los países centroamericanos no logra siquiera satisfacer la demanda local. Existen varias medidas recomendables para obviar esta situación. Entre ellas resalta la selección y uso de variedades de alto rendimiento.

El objeto de este estudio es obtener datos para orientar y acelerar este trabajo de selección, mediante la estimación de la hereditabilidad del rendimiento y sus componentes primarios, así como las correlaciones fenotípicas y genotípicas existentes entre estos caracteres.

REVISION DE LITERATURA

La variación que se observa en la expresión de un carácter hereditario proviene, en general, de dos fuentes: el genotipo del organismo por un lado, y el efecto del ambiente por el otro. La noción de hereditabilidad incluye ambos conceptos y puede definirse como la porción posiblemente heredable de esa variación. El éxito de la selección en un programa de mejoramiento de plantas se relaciona estrechamente con la magnitud de la hereditabilidad del carácter considerado (2, 17, 35).

Conceptos básicos de la hereditabilidad

Kolreuter, afirma Brewbaker (8), fue quien, estudiando un aspecto de la morfología de la flor del tabaco, observó por primera vez la variación en la expresión de los caracteres hereditarios. Más tarde, según Allard (2), Johansen estableció que esta variación se debía tanto a factores heredables como a factores no heredables. En estas bases, el fenotipo de un carácter podría representarse por la función lineal: $P = \mu + h + e + eh$, en la cual P denota el fenotipo, μ la media de la población, h el genotipo, e el ambiente y eh la interacción entre el genotipo y el ambiente y que en términos de variancia se transforma en $\sigma_P^2 = \sigma_h^2 + \sigma_e^2 + \sigma_{eh}^2$ (10).

La variancia genética (σ_h^2), a veces designada por V_G , puede dividirse en tres partes: una primera parte para los efectos aditivos de los diferentes alelos (V_A), una segunda para las interacciones intraalélicas o efectos de dominancia (V_D) y la otra para las interacciones interalélicas o efectos epistáticos (V_I o V_N), o sea: $V_G = V_A + V_D + V_N$ (11).

También pueden fraccionarse la variancia epistática (V_N) (9, 24) y la

variancia de la interacción del genotipo con el ambiente (σ_{eh}^2) (28).

La noción de hereditabilidad estriba en la relación existente entre la variación fenotípica (σ_p^2 o V_p) y la variancia genética (V_G). En un sentido lato, Knight, citado por Hanson (18), define la hereditabilidad (H) como "la porción de la variancia observada de la cual es responsable la diferencia en la herencia", o sea: $H = V_G / V_p$. Aquí el genotipo se considera como una unidad en relación con el ambiente. Pero, teniendo en cuenta la posible partición de la variancia genética, presentada arriba, y el significado práctico de cada una de las partes, se puede expresar la hereditabilidad en un sentido más restricto pero más útil para el fitomejorador. Se trataría entonces de relacionar únicamente la variancia genética aditiva con la variancia fenotípica, o sea:

$$H = \frac{\sigma_A^2}{(\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2) + (\sigma_{GE}^2 + \sigma_n^2)} \quad (17)$$

En esta nueva fórmula, σ_A^2 , σ_D^2 , σ_I^2 , σ_{GE}^2 y σ_n^2 , tienen el significado de V_A , V_D , V_I , σ_{eh}^2 y σ_e^2 respectivamente.

Estimación de la hereditabilidad

Son varios los métodos que se utilizan para estimar la hereditabilidad de los caracteres hereditarios, tanto en animales como en plantas (1, 23, 36). Todos, en general, permiten estimar primero la porción de la variancia fenotípica que proviene de los efectos del ambiente y sus interacciones y despejar luego la variancia genética. Allard (1) compara la utilización y la utilidad del análisis dialélico, el método factorial y el análisis de los componentes de variancia, como métodos de genética cuantitativa de gran aplicación en fitomejoramiento. Según él, el análisis dialélico resultó más útil para

los caracteres que tienen una hereditabilidad muy alta. El método factorial fue muy eficaz en los casos de participación de unos pocos genes en la herencia del carácter. En cambio, cuando el número de genes implicados era grande, este método sólo sirvió para rechazar una hipótesis basada en éste. Más comúnmente utilizado es el análisis de los componentes de variancia. Su gran utilidad reside principalmente en que permite tener una idea sobre el valor de la expectación obtenida e indica la posible mejora de los futuros experimentos.

La hereditabilidad tomada en el sentido restricto puede estimarse a partir de la semejanza entre parientes, sea por la correlación entre el padre o la madre y su progenie, o por la regresión de la progenie sobre el padre o la madre (25, 29).

En fitomejoramiento se aplica particularmente el método de correlación a los hermanos en una generación avanzada de autofertilización (5, 6, 9).

Algunos valores de hereditabilidad

Johnson y Bernard (20) presentan en forma de cuadros los valores de hereditabilidad encontrados por algunos investigadores para ciertos caracteres de frijol soja (Glycine max L.). Aunque no existe una base segura para comparar estas estimaciones, se puede notar, sin embargo, que el rendimiento es el menos heredable y más variable de todos los caracteres importantes considerados. Así, Johnson et al (21) encuentran que la hereditabilidad del rendimiento W (,39) es mucho menor a la de sus componentes primarios, X o número de vainas por planta (,50), Y o número de granos por vaina (,59) y Z o peso del grano (,92). También, resultados obtenidos por Anand y Torrie (5), Bartley y Weber (6), Hanson y Weber (18) y Kwon y Torrie (26) concuerdan con lo

anterior.

Se puede pensar que el gran número de alelos que controlan la expresión del rendimiento le confiere una gran sensibilidad a los cambios del ambiente. Consecuentemente, su variancia ambiental es muy alta en comparación con su variancia genética, lo que resulta en una hereditabilidad baja. Además, tal vez por la misma razón citada anteriormente, las estimaciones de la hereditabilidad del rendimiento en general, carecen de consistencia y según Mather y Jones (28) tienden a decrecer a medida que aumentan en magnitud o en número las interacciones entre el genotipo y el ambiente.

En el frijol común (Phaseolus vulgaris L.), Pinchinat (32) observó que tanto el rendimiento como sus componentes primarios son caracteres muy variables, siendo el número de granos por vaina (Y) el más estable de todos.

Correlaciones fenotípicas y genotípicas entre los caracteres hereditarios

En la literatura se encuentran varios estudios sobre las correlaciones fenotípicas y genotípicas, entre ciertos caracteres del frijol soja (5, 22, 24, 26). De manera general, las correlaciones genotípicas se revelan mayores que las fenotípicas (5, 22, 24). También, las correlaciones son más consistentes cuando se basan sobre datos de una población, que sobre plantas individuales (22).

Los resultados presentados por Anand y Torrie (5) indican que el número de vainas por planta (X) y el número de granos por vaina (Y), están más asociados fenotípicamente con un alto rendimiento en granos (W) que lo es el peso del grano (Z). Sin embargo, Johnson et al (22) encontraron lo contrario. Asimismo, Anand y Torrie (5) informan que existe una alta correlación fenotípica negativa entre el número de vainas por planta (X) y el

número de granos por vaina (Y); en cambio, Johnson et al (22) no encontraron correlación entre estos caracteres. En ambos estudios, se detectó una asociación negativa del peso del grano (Z) con los otros componentes del rendimiento. Estos resultados son basados sobre datos poblacionales.

En Phaseolus vulgaris L., Pinchinat y Adams (33) comprobaron que entre el número de vainas por planta (X) y el rendimiento en grano (W), existen correlaciones fenotípicas positivas generalmente muy altas. En cambio, estas correlaciones aunque estadísticamente significativas, fueron negativas y bajas entre el número de vainas por planta (X) y los demás componentes, positivas y muy bajas entre éstos y el rendimiento en grano (W). Más aún, estas correlaciones fueron tan bajas entre el número de granos por vaina (Y) y el peso del grano (Z), que se puede pensar que existe muy poca relación entre estos dos caracteres. Dickson (14) llegó a una conclusión similar en torno a la relación entre X y Y, aunque calculó el número de granos por vaina a base de las cinco mejores vainas por planta.

En definitiva, si se considera el significado de los conceptos básicos de la hereditabilidad y sus diferentes implicaciones, se puede decir que, en realidad las estimaciones de este parámetro sólo tienen un valor local y limitado. Cabe notar además que para el fitomejorador, la magnitud relativa de estas estimaciones tiene siempre mucho más sentido práctico que su respectivo valor absoluto. De ahí se desprende entonces la importancia para él, de la determinación de los coeficientes de correlación entre los caracteres bajo consideración, ya que le permiten también, junto con las estimaciones de hereditabilidad, orientar mejor su trabajo de selección.

MATERIALES Y METODOS

Se escogieron al azar 81 líneas puras de frijol de la colección de frijoles centroamericanos del Programa de Cultivos Alimenticios del IICA. Se sembró ese material en un diseño de látice simple 9x9 con dos repeticiones, en dos localidades de Costa Rica y en dos épocas de siembra en cada una. Fue adoptada una agrupación de 3x3 para distribuir los nueve bloques de cada repetición. Fueron utilizados surcos de 2,50 m de largo y distantes de 0,50 m, lo que originó la formación de bloques de 2,50 x 4,50 m, a un metro de distancia uno del otro y áreas de 9,50 m x 14,50 m para las repeticiones.

Los experimentos se efectuaron en San Antonio de Belén (Alajuela) y La Montaña (Turrialba), localidades que caen dentro de las clasificaciones ecológicas de Bosque húmedo subtropical y Bosque húmedo tropical respectivamente, según Holdridge (19). Durante los experimentos, los factores climáticos conocieron valores normales para estas zonas, exceptuando una humedad excesiva en el primer experimento de Turrialba y deficiente en el segundo de Alajuela, acompañada de un viento fuerte en este último caso.

Las semillas fueron tratadas previamente con Arasan 75, pero no se hizo ningún control de las enfermedades en el campo. En cambio, las plagas fueron controladas por aplicaciones regulares de DDT. Fue aplicado un abono 12-34-0 a razón de 400 Kg/ha en todos los experimentos.

Se sembraron 25 semillas de cada línea en un surco, logrando a la cosecha un promedio de 20 plantas, de las cuales se escogieron al azar cinco para determinar: el número promedio de vainas por planta (X), el número promedio de granos viables por vaina (Y) y luego el peso promedio en gramos de 100 granos de cada parcela (Z). El rendimiento por planta (W), también

expresado en gramos, se consideró como el producto de sus tres componentes primarios: X, Y y Z.

Los análisis estadísticos de los datos simples y combinados se hicieron en forma de bloques completos al azar, siguiendo los procedimientos presentados por Le Clerg, Leonardy Clark (27). La expectación de los cuadrados medios y productos medios se calculó en base a los esquemas de análisis presentados por Allard (2), Cockerham (9, 11), Comstock y Robinson (13) y Comstock y Moll (12) utilizando un modelo completamente al azar.

Dado el comportamiento muy variable de ciertos caracteres aquí considerados, no se creyó conveniente estimar datos faltantes. En consecuencia, fueron utilizados los datos recuperados para 74 líneas. También, aunque la prueba de homogeneidad de las variancias del error no resultó favorable para ninguno de los caracteres, se consideraron los datos lo suficientemente satisfactorios para prestarse al análisis combinado. En los Cuadros 1 y 2 se presentan el esquema del análisis combinado y las fórmulas que sirvieron para estimar los diferentes componentes de variancia.

CUADRO Nº 1. Esquema parcial del análisis combinado*

Fuente de Variación	G.L.	Expectaciones de Cuadrados Medios
M_1 = Entre líneas	$(v-1)$	$\sigma_E^2 + r\sigma_{VLY}^2 + ry\sigma_{VL}^2 + rls\sigma_{VY}^2 + rly\sigma_V^2$
M_2 = Líneas x localidades	$(v-1)(l-1)$	$\sigma_E^2 + r\sigma_{VLY}^2 + ry\sigma_{VL}^2$
M_3 = Líneas x Ep. siembra	$(v-1)(y-1)$	$\sigma_E^2 + r\sigma_{VLY}^2 + rls\sigma_{VY}^2$
M_4 = Líneas x loc. x Ep. siembra	$(v-1)(l-1)(y-1)$	$\sigma_E^2 + r\sigma_{VLY}^2$
M_5 = Error	$ly(r-1)(v-1)$	σ_E^2

* M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 = Cuadrados medios respectivos para la fuente de variación indicada.

E, V, L, Y = Error, líneas, localidades y épocas de siembra respectivamente. De ahí se deducen las diferentes interacciones.

σ^2 = Variancia v = 74 líneas r = 2 repeticiones
 l = 2 localidades y = 2 épocas de siembra

CUADRO Nº 2. Estimación de componentes de variancia

Estimador	Fórmula	Divisor
S_E^2	M_5	1 l
S_{VLY}^2	$(M_4 - M_5)$	r
S_{VY}^2	$(M_3 - M_4)$	rl
S_{VL}^2	$(M_2 - M_4)$	ry
S_V^2	$M_1 - (S_E^2 + rS_{VLY}^2 + ryS_{VL}^2 + rlsS_{VY}^2)$	rly

Teniendo en cuenta los modelos genético y experimental utilizados, la variancia fenotípica (V_P) fue encontrada por medio de la fórmula:

$$V_P = V_G + V_{GL} + V_{GY} + V_{GLY} + V_E$$

Donde:

$$\begin{aligned} V_G \text{ (variancia genética)} &= \frac{S_V^2}{1} \\ V_{GL} \text{ (variancia genotipo x localidad)} &= \frac{S_{VL}^2}{2} \\ V_{GY} \text{ (variancia genotipo x E. Siembra)} &= \frac{S_{VY}^2}{2} \\ V_{GLY} \text{ (var. genotipo x loc. x Ep. Siembra)} &= \frac{S_{VLY}^2}{4} \\ V_E \text{ (variancia del ambiente)} &= \frac{S_E^2}{8} \end{aligned}$$

La hereditabilidad, considerada en su sentido lato, fue estimada en por ciento usando la fórmula: $\%H = \frac{V_G \times 100}{V_P}$

Considerando un nivel de 5% de selección diferencial (desviación estándar = 2,06), se calculó el progreso genético esperado para cada carácter, utilizando la expresión: $G = 2,06 \sqrt{V_P} \times \sqrt{V_G} / V_P$. Este valor fue luego transformado en porcentaje de promedio.

Para la determinación de los coeficientes de correlación, las fórmulas generales siguientes se encuentran disponibles en la literatura (5, 22, 25):

$$\text{Coeficiente de correlación fenotípica: } r_p = \frac{PM_1(XY)}{\sqrt{M_1(X) \times M_1(Y)}}$$

$$\text{Coeficiente de correlación genotípica: } r_g = \frac{Cov_G(XY)}{\sqrt{V_G(X) \times V_G(Y)}}$$

Donde: $PM_1(XY)$ y $Cov_G(XY)$ representan respectivamente el producto medio y covariancia genética entre los caracteres X y Y; $M_1(X)$, $M_1(Y)$, $V_G(X)$ y $V_G(Y)$ tienen los mismos significados antes mencionados.

Las covariancias genéticas entre los caracteres fueron encontradas con ayuda de la fórmula siguiente: $Cov_G(XY) = (PM_1 - PM_2 - PM_3 + PM_4) / rly$, en la cual PM_1 , PM_2 , PM_3 y PM_4 indican respectivamente los productos medios entre líneas, para líneas x localidades, líneas x épocas de siembra y líneas x localidades x épocas de siembra, para los caracteres X y Y.

RESULTADOS Y DISCUSION

A. Variancias

1. Variancias del error y de las interacciones líneas x ambiente

a. Variancias del error (S_E^2) y de la doble interacción (S_{VLY}^2)

Las variancias del error para el número de vainas por planta (X) y para el rendimiento por planta (W) resultaron muy altas (Cuadro Nº 3). Este resultado está conforme con la idea de que hay un número alto de genes controlando la expresión del rendimiento y una buena correlación entre X y W. Sin embargo, las consecuencias de esa alta variancia del error fueron algo diferentes en X y en W, ya que se obtuvo diferencia significativa entre las líneas para X y no para W. Esto será posible de explicar más adelante. La variancia de la doble interacción líneas x localidades x épocas de siembra (S_{VLY}^2) fue nula para X, mientras que para W tuvo un cierto valor, aunque este valor no fue diferente de cero siquiera al nivel de probabilidad de 5%.

La variancia del error aún pequeña, fue comparable con la variancia entre líneas para el número de granos por vaina (Y). La variancia de la interacción de segundo orden (S_{VLY}^2) para este carácter fue significativamente diferente de cero al nivel de probabilidad de 5%.

Para el peso medio del grano (Z), fue notablemente baja la variancia del error así como la variancia de la interacción S_{VLY}^2 .

CUADRO Nº 3. Estimaciones de los Componentes de Variancia

Estimadores	X	Y	Z	W
s_{V}^2	2,50 ^{**}	0,2462 ^{**}	0,001963 ^{**}	0,3375
s_{VL}^2	0,29	0,0000	0,000000	0,0000
s_{VY}^2	0,95	0,0025	0,000145 ^{**}	0,4250
s_{VLY}^2	0,00	0,0625 [*]	0,000850	0,6300
s_{E}^2	14,15	0,2700	0,000540	12,2300

* Diferente de cero al nivel del 5%

** Diferente de cero al nivel del 1%

b. Variancias de las interacciones líneas x épocas de siembra (s_{VY}^2) y líneas x localidades (s_{VL}^2)

La variancia de la interacción de líneas x épocas de siembra (s_{VY}^2) ha estado presente para todos los caracteres estudiados, pero diferente de cero significativamente sólo para el peso medio del grano (Z). En cambio, la variancia de la interacción de líneas x localidades (s_{VL}^2) existía sólo para el número de vainas por planta (X). Para este carácter, precisaría llevar a cabo ensayos en más de dos localidades, contrariamente a lo utilizado en el presente estudio. Asimismo, serían recomendables ensayos en varias épocas de siembra para todos los caracteres aquí considerados, especialmente para el peso medio del grano.

En cuanto a la magnitud relativa de las variancias, los valores

encontrados en este estudio son comparables a algunos disponibles en la literatura (3, 30, 37). En conjunto, todos conducen a pensar en la importancia de las condiciones ambientales, principalmente las que caracterizan las diferentes épocas de siembra. Sin embargo, sobre el cómo clasificar para estudiar esas condiciones ambientales, los autores opinan diferentemente. Para Allard y Bradshaw (3), son predecibles o no, o en otras palabras, controlables o no controlables, lo que hace decidir sobre la atención que recibirán por parte del fitomejorador. Comstock y Moll (12) consideran que los microambientes son más semejantes dentro de los macroambientes que de uno a otro. Consecuentemente, el estudio de los factores de los microambientes, en sus efectos sobre el comportamiento fisiológico de las plantas recibirá mayor atención pasando de un macroambiente a otro que dentro de un mismo macroambiente. Cockerham (11) piensa que es preciso apreciar los ambientes más bien en cuanto a sus características específicas, tales como la temperatura, la humedad, la fertilidad del suelo y otras. En realidad, todos estos enfoques aparentemente diferentes tienen un mismo significado práctico. En otras palabras, todos conducirán a determinar cuáles son los factores o situaciones ambientales de primera importancia en las condiciones de cultivo, experimentales o no, de una planta determinada. Aquí, los resultados parecen indicar que son muy recomendables estudios de las situaciones determinadas del ambiente (macroambiente), que afectan el número de vainas por planta (X). A este respecto, podrían ser muy útiles, por ejemplo, datos de la influencia de la pluviometría y de la temperatura sobre la intensidad y la duración de la floración. En cambio, en cuanto a los demás caracteres, en particular el peso medio del grano, factores ambientales (microambiente) específicos que influyen sobre la absorción, en general, en el frijol común y la pérdida del agua

por el grano por ejemplo, podrían ser de mayor importancia.

Fue particularmente interesante notar que Y, Z y W se comportaron de manera igual en cuanto a las variancias presentes. Para estos tres caracteres no se encontró variancia de la interacción líneas x localidades (S_{VL}^2), presente para X. También la variancia de interacción de segundo orden (S_{VLY}^2) ausente para X, existía para los caracteres Y, Z y W. Eso hace pensar que los factores más estables del ambiente, tales como la altitud, la radiación solar global, la evapotranspiración potencial que afectan a W, no lo hacen a través de X sino más bien influyendo sobre Y y Z.

Comstock y Moll (12) recomiendan en el caso de una alta variancia de interacción genotipo x ambiente, buscar variedades altamente adaptadas a ambientes específicos. Para obviar la pérdida de variabilidad subsecuente a tal práctica, Simmonds (37) propone cuatro medidas: el mantenimiento de la colección, el desarrollo de "mass reservoirs" de variabilidad, el uso de compuestos y por último la aplicación de los métodos conservacionistas de mejoramiento. Allard y Hansche (4) opinan en favor de la segunda medida, que según ellos es la más importante y debe ser considerada como un suplemento a los métodos convencionales. Sin embargo, es obvio que el uso de mezclas de homocigotos, de cruza simples o de poblaciones híbridas de generación avanzada, permite alcanzar con las especies autógamias una cierta adaptación, es decir, poblacional (populational buffering) más útil en la circunstancia que la individual (individual buffering), más conocida en estas especies (3).

Eberhart y Russell (15) por otro lado, sugieren trabajar para la estabilización de las variedades, ya que el estresar el ambiente como operación previa al trabajo de mejoramiento da, en general, poco resultado.

2. Variancias genéticas (V_G)

Indudablemente la fuente de variación que más interesa al fitomejorador es la genética. En el Cuadro Nº 4 se le puede apreciar de tres maneras: en su magnitud relativa con respecto a los demás componentes de variancia, a la media y a la variación fenotípica. Por último se dará una idea más práctica de la importancia de esa variancia considerando el progreso genético esperado por la selección.

CUADRO Nº 4. Cálculos de los porcentajes de hereditabilidad y de progreso genético esperado

Parámetros	X	Y	Z	W
V_E	1,769	0,033750	0,0000675	1,52875
V_{VLY}	0,000	0,015625	0,0002125	0,15750
V_{VL}	0,145	0,000000	0,0000000	0,00000
V_{VI}	0,475	0,001250	0,0000725	0,21250
V_G	2,500	0,246200	0,0019637	0,33750
V_P	4,889	0,296825	0,0023162	2,23625
%H	51,13	82,94	84,78	15,09
μ	10,88	4,36	0,199	9,23
$\Delta \delta$	2,33	0,93	0,084	0,465
$\Delta \delta = \% \mu$	21,4	21,3	42,2	5,0

a. V_G comparada a los demás componentes de variancia

La variancia genética, para el número de vainas por planta (X) es mayor que su respectiva variancia del error, en cambio mucho menor lo es para el rendimiento por planta (W). En cambio, esa variancia es superior a las de las interacciones presentes para W y netamente superior a las mismas para X.

El número de granos por vaina (Y) tiene una variancia genética muy alta comparándola con su variancia del error, y también considerablemente mayor a las de las interacciones. Lo mismo puede decirse para Z.

Estas estimaciones de la variancia genética V_G (Cuadro N^o 4) pueden ser muy útiles, si se considera que primero, en una población de homocigotos no conviene hablar de efectos de dominancia y segundo, que la variabilidad epistática es utilizable cuando se trata de seleccionar líneas homocigotas superiores (11, 17). Además, Bogyo (7) afirma que con un gran número total de observaciones se obtienen estimaciones bastante precisas que permiten hacer buenas predicciones.

b. Coeficiente de variancia genética (CV_G)

El coeficiente de variación genética, aún poco realista por ser calculada a base de la media (fenotípica), puede ser de alguna utilidad en la comparación de la variabilidad genética de los caracteres estudiados.

Para el peso medio del grano (Z) se encontró el mayor valor (22%), lo que parece concordar con la magnitud relativa de su variancia genética con

respecto a las demás fuentes de variación. Siguen X, el número de vainas por planta (14%); Y, el número de granos por vaina (11%) y por último W, el rendimiento por planta (2%).

En realidad, este último resultado $\{CV_G (W) = 0,02\}$ es de difícil interpretación. Se había notado que unas líneas poco rendidoras en un cierto ambiente han sido las mejores en otros, de tal manera que el análisis combinado efectuado con los totales de los cuatro experimentos, no pudo ser lo suficientemente sensible para revelar estos hechos. Además, la correlación negativa existente entre los componentes primarios X, Y y Z, ha tenido como consecuencia hacer convergir el rendimiento ($W = XYZ$) de varias líneas diferentes genotípicamente hacia un mismo promedio. En efecto, es obvio que varios productos numéricos XYZ pueden llegar al mismo valor de W. Por todo ello, es de admitir que, a pesar de que se podía observar para el rendimiento valores tan bajos como 0,86 gr., y tan altos como 32,35 grs en un mismo experimento (experimento IB en el apéndice), varias diferencias entre las líneas en cuanto a X, Y y Z, han sido canceladas en W. Eso explicaría en parte la falta de significancia para el componente entre líneas (S_V^2) obtenida para este carácter (W), mientras que se encontraron diferencias altamente significativas para X, Y y Z. De no pensar así, tendríamos que dudar de la herencia individual del rendimiento W y tratarlo como un concepto práctico para apreciar en conjunto el comportamiento de las líneas con respecto a los caracteres hereditarios X, Y y Z.

C. Hereditabilidad

El carácter más heredable fue Z y W el menos heredable de los caracteres estudiados (Cuadro Nº 4). También Y tuvo una hereditabilidad alta. Para X, en cambio la hereditabilidad fue intermedia.

Las posibles interpretaciones de estos resultados son las siguientes: para Z, una variancia genética relativamente alta junto con una pequeña variancia del error, para Y una variancia genética apreciable, poca variancia del error y poca variancia de las interacciones, para X alta variancia genética y variancia del error grande y por último, para W muy poca variancia genética, variancia del error grande y variancia de la interacción apreciable. Recordamos que estas estimaciones de la hereditabilidad corresponden al tipo 3 mencionado por Rasmusson y Glass (34), ya que fueron calculadas con base a variancias genéticas inferiores a la variancia genética total y superiores a la variancia genética aditiva.

d. Progreso genético esperado ($\Delta \delta$)

La misma situación del coeficiente de variación genética vuelve a manifestarse al calcular el progreso genético esperado para estos caracteres (Cuadro N^o 4). Es decir que, con una base de 5% de selección diferencial, el mayor progreso genético esperado se encontró para el peso medio del grano (Z) y el menor para el rendimiento por planta (W). El número de vainas por planta (X) y el número de granos por vaina (Y) tuvieron prácticamente un mismo valor intermedio.

Apartando la idea de seleccionar para el carácter complejo (W), todos estos resultados llevan a pensar que sería recomendable concentrar los esfuerzos sobre el mejoramiento de Z, el carácter de mayor progreso genético esperado (16).

Sin embargo, ya que en última instancia es el rendimiento (W) el objetivo final, precisa considerar las correlaciones de éste con respecto a sus diferentes componentes (Cuadro N^o 5).

CUADRO Nº 5. Correlaciones fenotípicas (r_p) y genotípicas (r_g)

	XI	XB	XW	YZ	YW	ZW
r_p	-0,42**	-0,56**	+0,73**	-0,62**	+0,19	-0,13
r_g	-1,62	-2,31	+1,06	+1,44	+0,17	-0,71

** Significativo al nivel de probabilidad 1%

B. Correlaciones

1. Correlaciones fenotípicas

Desde el punto de vista fenotípico, el rendimiento (W) y el número de vainas por planta (X) mantienen estrecha relación positiva, mientras que la asociación entre el rendimiento (W) y los demás componentes, número de granos por vaina (Y) y peso del grano (Z), es de poca magnitud. Esta asociación es positiva con el número de granos por vaina y negativa con el peso del grano. En todas las asociaciones de dos componentes primarios, las correlaciones fenotípicas son negativas y altamente significativas.

Pinchinat (31) opina que pueden ser gobernados por polígenos independientes o ligados sencillamente a un factor común aún desconocido. Pero, este factor debería producir efectos contrarios en su influencia sobre los diversos componentes.

2. Correlaciones genotípicas

Desde el punto de vista genotípico, las correlaciones entre los caracteres estudiados se muestran erráticas. No obstante, el rendimiento (W)

tiene aparentemente una relación estrecha y positiva con el número de vainas por planta (X), una relación negativa con el peso del grano (Z) y una pequeña asociación positiva con el número de granos por vaina (Y).

C. Consideraciones finales

La interpretación de los resultados permite pensar en una mejora efectiva del rendimiento en el frijol común, primeramente mediante selecciones para altos números de vainas por planta. No es posible alcanzar tal éxito mejorando el peso del grano, a pesar de los altos porcentajes de hereditabilidad y avance genético que podrían anticiparse, ya que entre ese carácter y el rendimiento existe una asociación negativa. Asimismo, aunque el número de granos por vaina ofrezca casi igual grado de avance genético y mayor porcentaje de hereditabilidad que el número de vainas por planta, su poca relación aparente con el rendimiento total de la planta constituirá un serio obstáculo en el mejoramiento de éste.

Por último, el intentar mejorar el rendimiento por selección directa en este carácter complejo, sería muy poco prometedor al juzgar por sus valores bajos de hereditabilidad y de progreso genético esperado.

El mejoramiento del rendimiento por selección de componente individual, discutido aquí, hace caso omiso de las correlaciones negativas existentes entre los componentes. Pero si como lo sugiere el análisis estadístico de los datos, existe un antagonismo real entre los componentes primarios del rendimiento, el mejoramiento de éste se logrará más seguramente mediante algún sistema de compensación en la selección de los componentes. A este respecto, ayudarían mucho, junto con lo ya conocido, los datos de correlación múltiple entre el rendimiento y un producto de componentes,

obviamente YZ, el número de granos por vaina por el peso del grano.

Eventualmente, este sistema puede ofrecer la ventaja de permitir la inclusión muy cómoda en el programa de mejoramiento del rendimiento de otros caracteres, cualitativos y económicos, importantes en la producción del frijol común. En efecto, se podría considerar muy fácilmente, por ejemplo, el hábito de crecimiento y la resistencia a ciertas enfermedades al seleccionar para números altos de vainas por planta (X) y por otro lado algunas características del grano tales como la forma, el color y el tono al buscar el mejor producto YZ.

Pinchinat y Adams (33) sugieren más precisamente la combinación de un alto número de vainas por planta (X) con un número de granos por vaina (Y) y un peso del grano (Z) que aproximan la media típica de la población.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La hereditabilidad baja del rendimiento (W) en Phaseolus vulgaris L. no permite lograr resultado aceptable por selección directa en este carácter completo.
2. Serán obtenidos resultados substanciales en el mejoramiento del rendimiento en el frijol común, a través de selección en el número de vainas por planta.
3. Es muy probable que los mejores resultados son los que se podrían lograr por hibridación entre líneas con producto YZ (número de granos por vaina x peso del grano) alto y líneas con número de vainas por planta (X) elevado.
4. Son recomendables los ensayos en más de dos localidades en estudios sobre el número de vainas por planta (X), mientras que para todos los caracteres estudiados es aconsejable llevar a cabo los ensayos en más de dos épocas de siembra.
5. En tales experimentos con el frijol común (Phaseolus vulgaris L.), se sugiere utilizar más de dos repeticiones.

RESUMEN

El presente trabajo se hizo con el objeto de conseguir una información útil, aplicable en un programa de selección para alto rendimiento en el frijol común, Phaseolus vulgaris L.

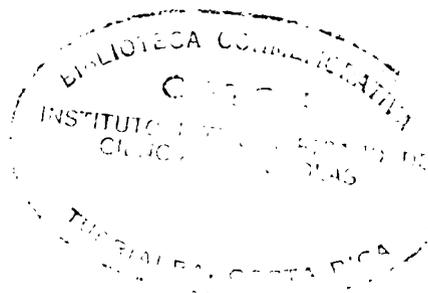
Se establecieron cuatro experimentos con 81 líneas homocigotas de frijol común en dos épocas de siembra y dos localidades de Costa Rica. Se utilizó una distribución completamente al azar.

Se hizo un análisis combinado de los datos para estimar la hereditabilidad de : X (número de vainas por planta), Y (número de granos por vaina), Z (peso medio del grano) y W (rendimiento total, o producto de los tres componentes primarios X, Y, Z. La hereditabilidad fue considerada en su sentido lato. El progreso genético esperado se calculó en base a una selección diferencial al 5% para cada uno de los caracteres individualmente. También se determinaron las correlaciones fenotípicas y genotípicas entre estos caracteres.

La selección directa en el rendimiento total no es ventajosa en un programa de mejoramiento de este carácter, ya que su hereditabilidad y progreso genético esperado son muy bajos. Por otro lado, seleccionando en los caracteres primarios, se esperan progresos notables únicamente considerando altos números de vainas por planta, dado que el rendimiento total por planta tiene una correlación alta y positiva sólo con ese carácter. Sin embargo, la hereditabilidad fue intermedia para X y alta para Y y Z, y el progreso genético esperado intermedio para X y Y alto para Z.

También se encontraron correlaciones negativas entre todos los pares de componentes primarios. Por consiguiente, las líneas con un número alto de vainas por planta, un número promedio de granos por vaina y un peso promedio de grano, serán más aptas a producir altos rendimientos totales.

En realidad, los datos sugieren la existencia de alguna correlación múltiple entre el rendimiento (W) y el producto de componentes YZ.



SUMMARY

In exploring the heritability of certain economically important traits in bean, Phaseolus vulgaris L., four experiments with 81 homozygous bean lines were established in two planting dates and two localities in Costa Rica. The heritability of, expected genetic advance with, and phenotypic and genotypic correlation between traits, including X (number of pods per plant), Y (number of seeds per pod), Z (average seed weight), and W (total yield per plant, i.e. the product of its primary components X, Y, Z) were estimated by combined analyses. A completely random distribution was assumed. Heritability was estimated in the broad ^Sense and the expected genetic advance calculated on the basis of a five per cent selection differential.

Since the heritability and expected genetic gain were very low for W, it was deduced that progress in yield improvement will be very slight if selection is practiced directly for this character.

The heritability and expected genetic advance were intermediate for X and a high and positive association existed between this trait and the total yield. Consequently substantial gains in yield would be predicted by selection for high number of pods per plant.

The heritability for Y was high and its expected genetic progress intermediate, but the correlation of this trait with W, though positive, was low. For Z, both heritability and expected genetic gain were high, but the correlation between this trait and the total yield was negative.

So, increasing yield by selection for individual components will not be successful with these characters. Moreover, negative significant correlations were found between all pairs of primary components (XY, XZ, YZ). Therefore, high total yield is more likely to be obtained with lines that possess a high number of pods per plant, together with average number of seeds per pod, and average seed weight. Also, the results suggest the existence of some important multiple correlation between W and the product of components YZ.

RESUME

Le rendement total par plante (W) chez le pois (Phaseolus vulgaris L.) est considéré comme le produit de trois facteurs primaires: X, le nombre de gousses par plante; Y, le nombre de semences par gousse et Z, le poids moyen de la semence. Dans le but d'estimer l'héréditabilité de ces caractères et déterminer les corrélations qui existent entre eux, on a conduit quatre expériences dans deux époques de plantation et deux localités de Costa Rica. L'héréditabilité fut considérée dans son sens large et le progrès génétique espéré calculé avec la base d'une sélection différentielle de 5%.

On a trouvé que l'héréditabilité et le progrès génétique espéré pour le rendement total étaient tellement bas que dans l'amélioration du pois on ne peut penser à une sélection directe pour ce caractère complexe. D'un autre côté, si on envisageait de préférence la sélection pour des composants ou facteurs individuels, seulement X offrirait des possibilités de succès. En effet, le rendement total avait une corrélation positive et élevée uniquement avec ce caractère. La corrélation de W, positive avec Y et négative avec Z, ne fut pas significative dans les deux cas. L'héréditabilité de ces caractères est élevée. Des corrélations négatives et significatives existent entre toutes les paires de composants primaires. Par conséquent, un rendement total appréciable sera obtenu en sélectionnant les variétés qui ont un nombre élevé de gousses par plante, un nombre moyen de semences par gousse et un poids moyen de semence. Les résultats suggèrent aussi l'existence d'une corrélation multiple entre W et le produit de composants YZ.

LITERATURA CITADA:

1. ALLARD, E. W. Biometrical approach to plant breeding. In U.S. Brookhaven National Laboratory. Genetics in plant breeding, report of symposium held. May 21 to 23, 1956. Upton, N. Y., 1956. pp: 69-88.
2. _____ . Principles of Plant Breeding. New York, Wiley. 1960. 485 p.
3. _____ y BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. Crop. Sci. 4:503-504. 1964.
4. _____ y HANSCHKE, P. E. Some parameters of population variability and their implications in plant breeding. Advances in Agronomy 16:281-325. 1964.
5. ANAND, S. C. y TORRIE, J. H. Heritability of yield and other traits and interrelationships among traits in the F₃ and F₄ generations of three soybean crosses. Crop. Sci. 3(6):508-511. 1963.
6. BARTLEY, W. D. y WEBER, C. R. Heritable and non-heritable relationships and variability of agronomic characters in successive generations of soybean crosses. Agron. Jour. 44:487-493. 1952.
7. BOGYO, T. P. Coefficients of variation of heritability estimates from variance analysis. Biometrics 20(1):122-129. 1964.
8. BREWBAKER, J. L. Agricultural genetics. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall. 1965. 156 p.
9. COCKERHAM, C. C. An extension of the concept of partitioning hereditary variance for analysis of covariances among relatives when epistasis is present. Genetics 39:859-882. 1954.
10. _____ . Analysis of quantitative gene action. In U. S. Brookhaven National Laboratory. Genetics in plant breeding, report of symposium held. May 21 to 23, 1956. Upton, N. Y., 1956. pp: 53-68.
11. _____ . Estimation of genetics variances. In Statistical genetics and plant breeding. Nat. Ac. Sci., Nat. Res., Coun; Publ. 982. 1963. pp: 53-94.
12. COMSTOCK, R. E. y MOLL, R. E. Genotype-environment interactions. In Statistical genetics and plant breeding. Nat. Ac. Scie., Nat. Res. Count; Publ. 982. 1963. pp:164-194.

13. COMSTOCK, R. E. y ROBINSON, H. F. Genetic parameters, their estimation and significance. In International Grassland Congress, 6th Aug. 17-23, 1952. Proceeding. Pa., State College, 1952, vol. 1, pp: 284-291.
14. DICKSON, M. H. Diallel analysis of seven economic characters in snap beans. Crop. Sci. 7(2):121-124. 1967.
15. EBERHART, S. A. y RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci. 6(1):36-40. 1966.
16. GRAFIUS, J. E. A geometry for plant breeding. Crop. Sci. 4(3):241-246. 1964.
17. HANSON, W. D. Heritability. In Statistical genetics and plant breeding. Nat. Ac. Sci., Nat. Res., Coun; Publ. 982. pp: 125-139. 1962
18. _____ y WEBER, C. R. Analysis of genetic variability from generation of plant progeny lines in soybeans. Crop. Sci. 2:63-67. 1962.
19. HOLDRIDGE, L. R. Mapa ecológico de América Central. s.n.t. mapa b.n. 61.8 cm x 28.5 cm. 1:3.000.000.
20. JOHNSON, H. W, y BERNARD, R. L. Soybeans genetics and breeding. Advances in Agronomy 14:149-218. 1962.
21. _____, ROBINSON, H. T. y COMSTOCK, R. E. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. Agron. Jour. 47:314-318. 1955.
22. _____, ROBINSON, H. T. y COMSTOCK, R. E. Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. Agron. Jour. 47:477-483. 1955.
23. KELLER, K. R. y LIKENS, T. Estimates on heritability in hops (Humulus lupulus L.). Agron. Jour. 47:518-521. 1955.
24. KEMPTHORNE, O. The theoretical values of correlations between relatives in random mating populations. Genetics 40:153-167. 1955.
25. _____ y TANDON, O. B. The estimation of heritability by regression offspring on parent. Biometrics 9(1):90-100. 1953.
26. KWON, S. H. y TORRIE, J. H. Heritability and interrelationships among traits of two soybean populations. Crop. Sci. 4(2):196-198. 1964.
27. LE CLERG, E. L., LEONARD, W. H. y CLARK, A. G. Field plot technique. Minneapolis, Minnesota. Burgess, 1962. 372 p.

28. MATHER, K. y JONES, R. H. Interaction of genetic and environment in continuous variation. I Description. *Biometrics* 14(3):343-359. 1958.
29. MATHER, W. B. Principles of quantitative genetics. Minneapolis, Minn., Burgess, 1964. 152 p.
30. MATZINGER, D. F. Experimental estimates of genetic parameters and their applications in self-fertilizing plants. In Statistical genetics and plant breeding. *Nat. Ac. Sci., Nat. Res. Coun.*; Publ. 982. 1963. pp: 253-279.
31. PINCHINAT, A. M. Recurrent intercrossing coupled with neutron irradiation as a means of increasing genetic variability in navy beans (Phaseolus vulgaris L.). Ph.D. Thesis. East Lansing, Michigan. Michigan State University, 1964. 57 p. (mimeografiado)
32. _____. Variability of yield components in beans. In Bean Improvement Cooperative. *Ann. Rept.* 9:29-30, 1966.
33. _____ y ADAMS, M. W. Yield components in beans, as affected by intercrossing and neutron irradiation. *Turrialba* 16(3):247-252. 1966.
34. RASMUSSEN, D. C. y GLASS, R. L. Estimates of genetic and environmental variability in Barley. *Crop. Sci.* 7(3):185-188. 1967.
35. ROBINSON, H. F. y COCKERHAM, C. C. Estimación y significado de los parámetros genéticos. *Fitotecnia Latinoamericana, Costa Rica* 2(1 y 2):23-38. 1965.
36. ✓ WARNER, J. N. A method for estimating heritability. *Agron. Jour.* 44:427-430. 1952.
37. SIMMONDS, N. W. Variability in crop plants, its use and conservation. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 37:422-465. 1962.

APENDICE

Código:

Epoocas de siembra: I, II

Localidades : A (Alajuela)
B (Turrialba)

Repeticiones : 1, 2

EXPERIMENTO IA

Junio 10 - Setiembre 19, 1966

Líneas	X		Y		Z		W	
	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2
1	11,4	12,8	4,2	4,8	0,159	0,166	7,61	10,20
2	6,8	18,0	3,4	4,3	0,177	0,192	4,09	14,86
3	9,0	10,2	3,9	4,1	0,180	0,189	6,32	7,90
4	8,0	10,6	4,9	5,7	0,164	0,210	6,43	12,69
5	12,6	8,6	3,3	3,0	0,196	0,208	8,15	5,37
6	8,8	6,6	5,3	6,0	0,163	0,194	7,60	7,68
7	11,0	13,2	4,9	4,5	0,150	0,184	8,08	10,93
8	10,2	9,6	5,4	4,3	0,145	0,161	7,99	6,65
9	10,4	12,8	4,4	4,9	0,145	0,177	6,63	11,10
10	7,4	9,8	3,8	4,4	0,200	0,197	5,62	8,49
11	11,2	11,4	4,6	5,0	0,151	0,159	7,78	9,06
12	9,0	10,8	4,2	4,3	0,202	0,211	7,63	9,80
13	14,8	10,4	5,8	5,2	0,147	0,143	12,62	7,73
14	11,0	8,4	4,5	4,9	0,190	0,207	9,40	8,52
15	8,4	13,4	4,8	4,0	0,178	0,180	7,18	9,65
16	9,0	13,4	5,4	4,8	0,157	0,171	7,63	11,00
17	12,0	15,6	4,8	5,0	0,190	0,190	10,94	14,82
18	8,8	11,0	5,2	4,5	0,148	0,164	6,77	8,12
19	9,2	7,0	3,2	3,3	0,335	0,329	9,86	7,60
20	9,4	5,4	4,4	4,4	0,162	0,169	6,70	4,01
21	3,4	14,4	3,9	4,4	0,203	0,146	2,69	9,25
22	9,4	9,8	4,9	5,1	0,135	0,153	6,22	7,65
23	13,0	15,2	4,3	4,5	0,142	0,149	7,94	10,19

Experimento IA (cont.)

Líneas	X		Y		Z		W	
	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2
24	8,6	9,0	5,1	4,0	0,155	0,154	6,80	5,54
25	12,0	13,8	5,2	4,7	0,146	0,156	9,11	10,12
26	11,8	12,6	4,5	2,7	0,180	0,178	9,56	6,05
27	8,2	13,4	3,9	4,3	0,189	0,205	6,04	11,81
28	10,2	15,2	4,7	4,4	0,182	0,184	8,72	12,30
29	11,8	12,2	4,5	4,3	0,189	0,166	10,03	8,71
30	10,4	8,0	6,1	5,1	0,179	0,195	11,35	7,96
31	11,0	14,0	4,4	4,0	0,179	0,169	8,66	9,46
32	11,0	16,2	4,6	4,0	0,184	0,173	9,31	11,21
33	14,6	10,2	5,2	5,4	0,145	0,170	11,01	9,36
34	8,2	12,8	5,0	4,9	0,170	0,164	6,97	10,29
35	4,6	8,6	5,1	5,7	0,195	0,186	4,57	9,12
36	6,4	9,6	4,0	4,7	0,165	0,205	4,02	9,25
37	10,4	10,0	4,7	3,8	0,147	0,144	7,18	5,47
38	6,6	8,4	5,6	6,0	0,196	0,191	7,24	9,63
39	8,8	9,0	5,4	4,8	0,194	0,202	9,22	8,73
40	3,8	9,8	2,1	1,6	0,172	0,451	1,37	7,07
41	10,6	12,4	3,6	3,9	0,192	0,195	7,33	9,43
42	2,8	3,8	3,9	3,5	0,162	0,128	1,77	2,49
43	10,4	13,8	4,1	4,6	0,160	0,187	6,82	6,97
44	9,4	8,0	3,7	4,0	0,196	0,214	6,82	6,85
45	12,8	11,4	5,2	5,2	0,138	0,166	9,18	9,84
46	6,0	4,8	4,9	2,7	0,404	0,264	11,88	3,42
47	5,4	7,6	4,8	4,6	0,210	0,226	5,44	7,90
48	10,4	10,0	3,5	3,6	0,162	0,188	5,90	6,77

Experimento IA (cont.)

Líneas	X		Y		Z		W	
	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2
49	9,4	11,4	5,7	4,4	0,175	0,162	9,38	8,12
50	7,0	7,8	4,8	4,2	0,183	0,178	6,15	5,83
51	11,2	16,0	4,2	4,0	0,208	0,199	9,78	12,74
52	6,0	8,8	4,8	5,1	0,157	0,193	4,52	8,66
53	7,0	9,2	4,6	4,7	0,161	0,185	5,18	8,00
54	4,4	7,0	5,3	5,0	0,174	0,190	4,06	6,65
55	9,0	16,0	4,7	4,8	0,165	0,165	6,98	12,67
56	7,8	5,8	4,9	6,4	0,145	0,153	5,54	5,68
57	7,2	6,2	3,7	4,7	0,183	0,205	4,87	5,97
58	10,2	10,2	3,9	4,4	0,154	0,144	6,13	6,46
59	7,8	8,6	5,6	5,6	0,184	0,206	8,04	9,92
60	8,4	9,8	5,3	4,6	0,176	0,172	7,46	7,75
61	7,2	10,4	4,0	4,1	0,210	0,225	6,05	9,59
62	9,6	14,4	4,1	4,9	0,177	0,178	6,97	12,56
63	10,0	18,8	4,3	4,2	0,165	0,161	7,09	12,71
64	16,6	8,2	4,1	5,1	0,154	0,193	10,48	8,07
65	12,8	10,4	4,9	5,4	0,130	0,148	8,15	8,31
66	14,0	16,4	4,3	4,3	0,160	0,183	9,63	12,90
67	6,8	10,8	4,3	4,8	0,183	0,189	5,35	9,80
68	11,8	13,4	4,2	4,0	0,182	0,202	9,02	10,83
69	5,8	7,4	4,4	4,4	0,196	0,204	5,00	6,64
70	5,4	5,2	3,1	3,4	0,364	0,414	6,09	7,32
71	7,8	10,4	5,3	6,3	0,150	0,161	6,20	10,55
72	9,4	13,8	5,4	4,8	0,170	0,164	8,63	10,86
73	11,6	17,2	5,5	3,1	0,142	0,152	9,06	8,10
74	9,0	7,8	4,0	4,1	0,180	0,185	6,48	5,91

EXPERIMENTO IIA

Noviembre 31 , 1966 - Enero 12, 1967

Líneas	X		Y		Z		W	
	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2
1	10,8	13,2	4,5	4,4	0,156	0,158	7,58	9,18
2	6,0	4,4	3,5	2,2	0,198	0,177	4,16	1,71
3	6,6	5,2	3,2	3,6	0,168	0,210	3,55	3,92
4	3,8	8,2	5,6	5,0	0,215	0,231	4,57	9,47
5	9,8	8,2	4,3	4,0	0,233	0,199	9,82	7,32
6	4,6	3,8	5,3	2,6	0,204	0,218	4,97	2,15
7	8,6	8,2	4,6	4,5	0,207	0,181	8,19	6,68
8	6,2	8,4	4,5	4,7	0,162	0,145	4,52	5,72
9	9,4	5,2	4,8	4,5	0,181	0,153	8,17	3,58
10	5,6	4,8	4,2	4,2	0,192	0,199	4,51	4,01
11	7,2	6,6	5,6	4,5	0,146	0,163	5,89	4,47
12	6,0	7,0	4,1	3,9	0,208	0,201	5,12	5,49
13	6,6	6,2	5,5	4,5	0,147	0,147	5,34	4,10
14	7,6	6,2	5,1	3,8	0,197	0,196	7,63	4,62
15	5,8	4,8	4,3	3,0	0,175	0,174	4,36	2,50
16	5,8	3,6	4,9	4,3	0,151	0,142	4,29	2,20
17	9,8	8,2	5,2	4,6	0,191	0,193	9,73	7,28
18	7,8	5,0	4,6	4,4	0,173	0,175	6,21	3,85
19	4,2	5,8	3,1	3,5	0,302	0,332	3,93	6,74
20	5,8	9,0	4,2	4,1	0,210	0,187	5,11	6,90
21	9,0	4,8	4,2	4,7	0,172	0,204	6,50	4,60
22	8,0	8,6	5,4	4,0	0,151	0,161	6,52	5,54
23	8,0	6,2	4,8	4,1	0,167	0,153	6,41	3,89
24	8,0	4,0	5,0	4,9	0,176	0,168	7,04	3,29

Experimento IIA (Cont.)

Líneas	X		Y		Z		W	
	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2
25	8,2	17,8	3,0	4,3	0,184	0,189	4,53	14,45
26	11,6	9,4	4,1	4,6	0,193	0,158	9,18	6,83
27	12,0	5,2	3,7	2,2	0,210	0,216	9,32	2,47
28	9,0	7,0	3,9	4,3	0,179	0,167	6,28	5,03
29	8,4	5,2	2,9	3,6	0,166	0,194	4,04	3,63
30	5,6	6,8	5,2	4,7	0,222	0,382	6,46	12,21
31	14,8	10,0	3,7	3,8	0,201	0,204	11,01	7,75
32	5,2	8,8	2,8	4,1	0,164	0,165	2,39	5,95
33	4,2	5,0	3,6	4,4	0,170	0,172	2,57	3,78
34	9,8	8,6	3,8	4,6	0,180	0,179	6,70	7,08
35	3,0	4,8	5,9	5,0	0,224	0,221	3,96	5,30
36	5,0	4,8	5,8	4,7	0,216	0,227	6,26	5,12
37	9,4	2,6	3,7	2,6	0,232	0,226	8,07	1,53
38	4,6	3,4	5,0	2,8	0,201	0,219	4,62	2,08
39	4,4	3,4	4,0	4,5	0,216	0,160	3,80	2,45
40	4,0	2,0	2,1	1,8	0,465	0,361	3,91	1,30
41	5,0	6,2	4,0	4,0	0,187	0,196	3,74	4,86
42	7,0	5,0	3,3	1,9	0,238	0,268	5,50	2,55
43	9,2	13,4	4,2	3,6	0,198	0,181	7,65	8,73
44	6,2	5,0	4,0	3,3	0,200	0,226	4,96	3,73
45	6,6	2,8	3,2	4,5	0,207	0,206	4,37	2,59
46	5,2	3,6	3,1	2,7	0,374	0,404	6,03	3,93
47	4,8	4,2	3,7	4,0	0,238	0,234	4,23	3,93
48	11,6	8,8	3,9	4,3	0,192	0,188	8,69	7,11
49	5,0	8,0	3,8	4,6	0,170	0,189	3,23	6,95

Experimento IIA (cont.)

Líneas	X		Y		Z		W	
	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2
50	8,6	3,4	4,7	3,8	0,225	0,220	9,09	2,84
51	7,4	3,6	4,2	3,5	0,225	0,230	6,99	2,90
52	5,6	5,2	5,6	4,1	0,200	0,160	6,27	3,41
53	9,0	8,6	3,8	3,3	0,183	0,211	6,26	5,99
54	4,8	6,4	4,7	3,6	0,207	0,251	4,67	5,78
55	5,4	14,8	3,9	4,4	0,176	0,168	3,71	10,94
56	7,0	3,4	5,5	4,8	0,201	0,186	7,74	3,03
57	8,6	10,6	4,2	3,7	0,214	0,226	7,73	8,86
58	7,8	10,8	4,0	4,2	0,209	0,215	6,52	9,75
59	5,4	3,8	5,9	4,2	0,223	0,202	7,10	3,22
60	6,0	6,0	5,1	4,8	0,163	0,178	4,99	5,13
61	7,6	18,0	4,3	2,1	0,211	0,218	6,89	8,24
62	9,2	5,6	4,3	4,5	0,187	0,211	7,40	5,32
63	8,6	9,6	4,4	4,4	0,160	0,184	6,05	7,77
64	8,0	3,6	4,6	4,5	0,170	0,120	6,26	1,94
65	6,6	6,6	4,6	5,2	0,156	0,162	4,74	5,56
66	7,6	6,2	4,6	3,7	0,175	0,172	6,12	3,94
67	6,6	6,6	4,9	2,8	0,186	0,194	6,01	3,58
68	6,8	8,2	3,1	3,2	0,210	0,203	4,55	5,33
69	9,6	5,4	5,4	3,2	0,232	0,202	12,02	3,49
70	3,0	4,2	2,5	3,6	0,368	0,430	2,76	6,50
71	8,6	7,4	5,1	4,3	0,151	0,165	6,62	5,25
72	8,0	6,0	4,5	4,6	0,186	0,180	6,70	4,97
73	4,6	6,6	4,4	3,9	0,147	0,148	2,97	3,81
74	12,0	4,2	4,0	4,4	0,199	0,208	9,55	3,84

EXPERIMENTO IB

Junio 30 - Setiembre 20, 1966

Líneas	X		Y		Z		W	
	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2
1	29,4	8,4	5,0	5,4	0,154	0,172	22,64	7,80
2	19,2	26,4	3,7	4,8	0,189	0,197	13,43	24,96
3	25,0	21,4	3,9	3,8	0,217	0,215	21,15	17,48
4	6,4	19,0	3,0	3,6	0,144	0,197	2,76	13,47
5	25,8	9,8	4,0	4,4	0,204	0,222	21,05	9,57
6	10,4	6,0	4,1	4,8	0,152	0,148	6,48	4,16
7	21,6	15,0	4,7	4,4	0,183	0,186	18,58	12,28
8	23,6	26,8	5,0	5,9	0,150	0,166	17,70	26,25
9	10,6	26,8	4,9	5,1	0,191	0,156	9,99	21,32
10	5,8	16,2	4,2	4,6	0,209	0,229	5,09	17,06
11	13,4	19,2	4,3	4,4	0,177	0,166	10,20	14,02
12	11,2	16,2	4,2	3,3	0,184	0,206	8,65	11,01
13	12,4	24,6	5,4	5,3	0,166	0,156	11,11	20,47
14	7,6	12,0	5,8	5,0	0,229	0,252	10,09	15,12
15	12,4	11,0	5,2	3,9	0,173	0,181	11,15	7,76
16	8,0	20,8	5,2	5,2	0,170	0,159	7,07	17,20
17	9,8	12,6	5,5	5,0	0,202	0,224	10,89	14,11
18	17,8	19,0	5,0	5,4	0,168	0,179	14,95	18,36
19	11,2	11,4	3,4	3,2	0,364	0,339	13,86	14,30
20	6,6	8,8	4,2	3,0	0,186	0,186	5,15	4,91
21	14,8	15,0	5,2	4,4	0,212	0,185	16,31	12,21
22	9,0	19,8	4,7	5,1	0,181	0,169	7,66	17,06
23	10,8	22,8	4,3	5,1	0,169	0,153	7,85	17,79
24	16,4	14,8	5,5	5,7	0,165	0,170	14,88	14,34

Experimento IB (Cont.)

Líneas	X		Y		Z		W	
	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2
25	18,8	20,2	5,2	5,4	0,163	0,168	15,93	18,32
26	18,4	16,8	5,1	4,4	0,207	0,157	19,42	11,60
27	15,0	7,8	4,5	4,5	0,218	0,229	14,71	8,04
28	10,4	31,8	5,0	4,5	0,169	0,185	8,79	32,35
29	7,4	37,0	3,4	3,9	0,187	0,182	4,45	26,26
30	15,6	8,6	5,2	5,2	0,189	0,186	15,33	8,32
31	15,0	17,4	4,6	3,6	0,182	0,178	12,56	11,15
32	16,8	13,2	4,9	4,3	0,181	0,168	14,90	9,53
33	17,4	20,8	5,2	5,0	0,178	0,169	16,10	17,58
34	11,2	22,6	6,0	5,8	0,181	0,176	12,16	23,07
35	11,6	6,4	5,1	5,9	0,175	0,207	10,35	7,82
36	14,8	18,2	3,7	5,4	0,199	0,195	10,90	19,16
37	14,0	11,8	4,8	4,0	0,190	0,167	12,77	7,21
38	13,6	6,8	5,8	5,7	0,217	0,177	16,33	6,86
39	10,4	11,4	4,8	5,6	0,182	0,193	9,08	12,32
40	8,0	9,2	2,6	3,3	0,458	0,419	9,53	12,72
41	22,0	15,6	3,9	4,7	0,199	0,204	17,07	14,96
42	12,8	9,8	2,7	3,6	0,212	0,177	7,33	6,24
43	12,8	20,8	3,6	3,9	0,156	0,182	7,19	14,76
44	17,4	21,2	4,6	4,4	0,204	0,196	16,33	18,28
45	30,2	16,4	3,6	5,1	0,164	0,172	17,83	14,39
46	15,2	15,7	3,2	4,4	0,393	0,474	19,11	32,74
47	14,8	15,4	4,1	4,2	0,243	0,239	14,74	15,46
48	20,2	17,4	4,3	3,9	0,197	0,194	17,11	13,16
49	18,4	16,6	4,8	4,1	0,166	0,172	14,66	11,71

Experimento IB (Cont.)

Líneas	X		Y		Z		W	
	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2
50	15,2	18,6	4,4	5,0	0,192	0,210	12,84	19,53
51	16,4	15,4	3,5	4,7	0,198	0,217	11,36	15,71
52	22,0	14,8	5,3	4,3	0,168	0,177	19,59	11,26
53	21,4	16,0	4,1	4,3	0,142	0,175	12,46	12,04
54	4,2	15,4	2,4	4,2	0,085	0,160	0,86	10,35
55	21,0	11,2	5,2	5,1	0,160	0,167	17,47	12,94
56	13,2	24,8	4,2	6,0	0,171	0,151	9,48	22,47
57	25,4	17,4	4,9	3,7	0,233	0,210	29,00	13,52
58	20,2	11,4	4,6	4,4	0,153	0,174	14,22	8,73
59	11,6	10,6	6,2	4,4	0,191	0,194	13,74	9,05
60	22,6	9,2	4,8	5,3	0,154	0,157	16,70	7,65
61	22,4	18,8	4,5	4,2	0,225	0,234	22,68	18,48
62	26,8	16,8	3,6	3,7	0,206	0,218	19,87	13,55
63	30,6	14,4	4,1	4,5	0,188	0,184	23,59	11,92
64	16,8	5,2	5,7	4,3	0,181	0,130	17,33	2,91
65	21,2	30,2	5,4	5,4	0,156	0,137	17,86	22,34
66	20,8	18,8	3,3	4,3	0,183	0,192	12,56	15,52
67	13,2	14,6	5,2	4,6	0,167	0,184	11,46	12,36
68	11,4	16,4	4,2	4,1	0,214	0,236	10,25	15,87
69	15,0	13,2	5,3	5,2	0,234	0,216	18,60	14,83
70	8,2	14,4	2,9	3,0	0,336	0,343	7,99	14,82
71	13,6	19,4	5,5	5,7	0,160	0,188	11,97	20,79
72	14,6	10,4	5,3	6,0	0,151	0,183	11,68	11,42
73	22,6	28,2	5,4	4,8	0,162	0,147	19,77	19,90
74	9,8	17,4	4,0	3,9	0,199	0,167	7,80	11,33

EXPERIMENTO IIB

Enero 4 - Abril 3, 1967

Líneas	X		Y		Z		W	
	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2
1	16,6	12,4	4,2	4,1	0,182	0,154	12,69	7,83
2	12,4	12,0	3,4	3,7	0,184	0,185	7,76	8,21
3	5,2	14,2	3,4	3,8	0,199	0,199	3,52	10,74
4	8,6	12,2	3,7	4,8	0,263	0,277	8,37	16,22
5	13,4	10,4	4,3	4,0	0,248	0,200	14,29	8,32
6	4,6	5,8	4,8	4,3	0,250	0,228	5,52	5,69
7	11,0	9,8	3,9	4,3	0,212	0,212	9,09	8,93
8	13,2	8,0	5,4	4,9	0,182	0,180	12,97	7,06
9	7,6	7,8	5,3	3,9	0,169	0,207	6,81	6,30
10	10,4	10,0	4,8	4,5	0,236	0,186	11,78	8,37
11	12,0	13,8	4,2	4,0	0,208	0,185	10,48	10,21
12	7,0	14,2	3,8	4,1	0,209	0,196	5,56	11,41
13	13,8	7,2	3,6	3,5	0,186	0,177	9,24	4,46
14	9,0	9,8	4,8	4,6	0,176	0,159	7,60	7,17
15	9,8	10,0	4,8	4,5	0,203	0,187	9,55	8,41
16	11,8	10,8	3,8	4,2	0,196	0,180	8,79	8,16
17	9,8	15,2	4,2	4,3	0,199	0,200	8,19	13,07
18	11,2	10,2	4,9	4,5	0,180	0,165	9,88	7,57
19	12,8	8,6	3,8	2,9	0,342	0,296	16,63	7,38
20	7,8	3,0	3,7	3,3	0,268	0,236	7,73	2,34
21	10,0	11,8	4,2	4,8	0,209	0,186	8,73	10,53
22	9,0	12,2	5,2	4,8	0,208	0,192	9,73	11,24
23	14,0	5,8	3,8	3,8	0,177	0,173	9,42	3,81
24	14,0	8,2	4,4	3,9	0,184	0,194	11,33	6,20

Experimento IIB (Cont.)

Líneas	X		Y		Z		W	
	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2
25	5,0	10,4	4,4	2,7	0,191	0,171	4,20	4,80
26	11,6	7,6	4,2	4,5	0,207	0,194	10,08	6,65
27	13,4	12,6	4,0	4,5	0,204	0,199	10,93	11,28
28	13,6	10,8	4,5	4,5	0,205	0,204	12,55	9,91
29	13,2	13,0	4,4	4,1	0,202	0,187	11,73	9,97
30	8,4	9,0	5,0	5,5	0,256	0,223	10,75	11,04
31	20,0	13,6	4,6	4,8	0,218	0,225	20,06	14,69
32	12,4	9,2	3,7	3,8	0,191	0,173	8,76	6,05
33	11,0	13,0	4,2	4,4	0,182	0,171	8,41	9,78
34	12,2	10,2	3,9	4,5	0,183	0,189	8,71	8,67
35	5,4	6,0	4,3	4,4	0,240	0,238	5,57	6,28
36	4,4	9,2	4,7	4,6	0,260	0,206	5,38	8,72
37	21,8	21,4	4,0	3,5	0,187	0,200	16,31	14,98
38	6,2	6,6	5,0	4,5	0,258	0,239	8,00	7,10
39	13,4	7,6	5,4	5,1	0,264	0,248	19,10	9,61
40	6,2	2,0	2,1	1,9	0,396	0,436	5,15	1,16
41	12,4	9,2	3,6	4,0	0,214	0,212	9,55	7,80
42	7,4	7,0	2,4	2,9	0,256	0,300	4,55	6,09
43	9,4	9,2	4,2	3,7	0,201	0,184	7,93	6,26
44	9,2	6,8	3,9	4,6	0,232	0,228	8,32	7,13
45	6,4	6,8	3,7	4,5	0,194	0,200	4,59	6,12
46	4,8	6,8	2,7	3,2	0,265	0,349	3,43	7,59
47	11,4	15,2	4,5	4,1	0,258	0,264	13,23	16,45
48	12,0	16,0	4,1	4,1	0,232	0,220	11,41	14,43
49	10,4	10,6	5,0	4,0	0,208	0,223	10,82	9,45

Experimento IIB (Cont.)

Líneas	X		Y		Z		W	
	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2	Rep.1	Rep.2
50	9,4	15,0	4,7	4,2	0,227	0,255	10,03	16,06
51	6,2	14,2	4,8	4,6	0,240	0,178	7,14	11,63
52	8,6	9,0	5,7	5,0	0,243	0,224	11,91	10,08
53	8,6	8,8	4,0	4,3	0,172	0,195	5,92	7,38
54	6,0	5,2	6,0	5,5	0,277	0,269	9,97	7,69
55	12,0	13,0	4,5	4,0	0,183	0,151	9,88	7,85
56	7,4	10,4	3,8	4,5	0,209	0,184	5,88	8,61
57	14,8	13,6	3,9	4,1	0,213	0,191	12,29	10,65
58	9,2	13,8	4,0	4,1	0,178	0,177	6,55	10,01
59	6,4	5,8	4,6	4,9	0,272	0,243	8,01	6,91
60	7,8	16,4	3,7	4,3	0,205	0,191	5,92	13,47
61	9,8	7,2	3,9	3,9	0,225	0,201	8,60	5,64
62	10,8	8,2	4,3	4,8	0,234	0,186	10,87	7,32
63	10,0	12,2	3,8	4,6	0,207	0,194	7,87	10,89
64	15,4	10,6	5,1	4,7	0,238	0,206	18,69	10,26
65	13,2	20,6	3,7	3,8	0,178	0,184	8,69	14,40
66	10,0	13,2	4,4	4,4	0,195	0,198	8,58	11,50
67	11,4	8,8	5,2	4,7	0,220	0,204	13,04	8,44
68	11,2	14,6	4,0	3,6	0,226	0,228	10,12	11,98
69	13,4	10,2	5,2	4,6	0,214	0,184	14,91	8,63
70	6,2	8,4	3,8	3,6	0,481	0,498	11,33	15,06
71	15,6	9,8	4,5	4,8	0,186	0,183	13,06	8,61
72	6,6	11,4	3,4	4,3	0,220	0,179	4,94	8,77
73	11,0	13,6	4,3	3,1	0,148	0,152	7,00	6,41
74	8,4	13,6	3,4	4,2	0,214	0,180	6,11	10,28

CUADRADOS MEDIOS
(Análisis combinado)

Fuente de variación	X	Y	Z	W
M ₁ = Entre líneas	39,16 ^{**}	2,38 ^{**}	0,017 ^{**}	17,89
M ₂ = Líneas x localidades	12,40	0,39	0,00036	11,30
M ₃ = Líneas x Ep. Siembra	15,04	0,41	0,00129 ^{**}	15,19
M ₄ = Líneas x loc. x Ep.Siembra	11,23	0,40 [*]	0,00071	13,49
M ₅ = Error	14,15	0,27	0,00054	12,23

*,** Significativo al nivel de probabilidad 5% y 1% respectivamente

PRODUCTOS MEDIOS
(Análisis combinado)

Fuente de variación	XY	XZ	XW	YZ	YW	ZW
PM ₁ = Entre líneas	-4,09	-0,4500	19,28	-0,1246	1,27	-0,0712
PM ₂ = Líneas x localidades	3,36	-0,0014	10,06	-0,0014	0,71	0,0123
PM ₃ = Líneas x Ep.Siembra	2,35	0,0290	11,94	0,0027	1,12	0,0753
PM ₄ = Líneas x loc.x Ep.Siembra	-0,49	0,0630	10,59	0,2041	0,97	0,0096
PM ₅ = Error	0,13	-0,0160	11,26	-0,0493	1,82	0,0401

TABLA DE IDENTIFICACION

<u>No.</u>	<u>Líneas</u>	<u>No.</u>	<u>Líneas</u>	<u>No.</u>	<u>Líneas</u>
1	50877	26	50581	51	50641
2	50607	27	50651	52	50896
3	50642	28	50893	53	50592
4	50881	29	50606	54	50628
5	50871	30	50887	55	50616
6	50879	31	50586	56	50892
7	50589	32	50608	57	50650
8	50619	33	50645	58	50601
9	50618	34	50625	59	50899
10	50872	35	50883	60	50626
11	50591	36	50878	61	50643
12	50623	37	50624	62	50876
13	50897	38	50889	63	50609
14	50583	39	50885	64	50884
15	50612	40	50615	65	50886
16	50644	41	50638	66	50600
17	50587	42	50629	67	50633
18	50617	43	50588	68	50580
19	50647	44	50874	69	50584
20	50593	45	50649	70	50873
21	50882	46	50652	71	50610
22	50898	47	50613	72	50627
23	50632	48	50646	73	50585
24	50631	49	50895	74	50640
25	50888	50	50880		