

ESTE TRABAJO HA SIDO REALIZADO
GRACIAS AL "CONTRATO ENTRE EL
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y
GANADERÍA Y LA UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA PARA FORTALECER LAS
INVESTIGACIONES AGROMETEOROLO-
GICAS", QUE SE INICIO EL 14 DE
ABRIL DE 1970.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	2
MATERIALES Y METODOS.....	7
RESULTADOS.....	10
DISCUSION.....	28
CONCLUSIONES.....	35
RESUMEN.....	37
APENDICE.....	39
LITERATURA CITADA.....	44

INTRODUCCION

El frijol (Phaseolus vulgaris L.), es uno de los componentes dietéticos más importantes en América Latina, particularmente como fuente de proteína en la dieta de la clase media y baja, donde cualquier tipo de proteína animal es escasa o bien no existe. Este fenómeno repercute mucho en Costa Rica, ya que según los cálculos del Consejo Nacional de Producción el consumo per cápita era de 9.3 Kg. de frijol anualmente para el año 1971 (3), razón por la que cada día se enfatiza más sobre sus aspectos agronómicos.

A pesar de que se han realizado numerosas pruebas de fertilización, densidad y distancia de siembra, mejoramiento genético, estudio de variedades, etc., muy poco se ha hecho para determinar sus exigencias climáticas y ello explica en parte el por qué continuamente se habla de que en el país no hay zonas ecológicas adecuadas para una producción rentable.

El presente estudio, el cual es una continuación de la investigación iniciada por Ojeda (18), pretende esclarecer qué relaciones existen entre el frijol y el clima para poder llegar a lograr una mayor productividad en beneficio de la economía de los agricultores, ya que actualmente los costos de producción, debido al alza de los insumos, son cada día más elevados.

REVISION DE LITERATURA

Algunos autores (23, 26), coinciden en señalar que los rangos óptimos para el desarrollo del frijol, en las regiones tropicales, deben oscilar entre 18 y 24 °C.

informa. García (13), reporta que el frijol se adapta mejor a temperaturas medias de 19 a 22 °C, máxima y mínima media de 30 °C, y 8.3 °C respectivamente, sobre una altitud de 500 a 2.600 metros sobre el nivel del mar. Coincide con Box (5), al señalar temperaturas críticas de 8 °C para la germinación, 15 °C para la floración y 17 °C para la maduración.

Dryfhout (9) determinó que éste puede crecer en estado óptimo en temperaturas medias de 17 °C a 20 °C y 23 °C, según sea la variedad.

Jones (14), encontró que la luz y las temperaturas eran factores esenciales en la correcta morfología de las plantas y que la temperatura influye en la germinación, crecimiento y floración de las plantas.

Papadakis (21), observó que a temperaturas comprendidas entre 21 y 24 °C el frijol florecía todo el tiempo; entre 17 y 18 °C sólo en días largos y a 13 °C no florecía.

Ortega (20), indica que temperaturas superiores a los 24 °C ocasional que gran cantidad de flores se desprenden.

Singh (28), encontró que temperaturas de 35.3 a 40.9 °C durante la floración, reduce el número y peso de las vainas del frijol, siendo las plantas más sensibles de seis a ocho días después de la primera flor. Entre 12.9 a 32.5 °C defino el óptimo.

Smith y Pryor (30) encontraron que la cantidad de frijol por vaina disminuye con el incremento de temperaturas comprendidas entre 21,1 °C y 46,6 °C.

Stobbe *et al.* (31), concluyeron que la fructificación indeterminada cíclica del frijol depende de la temperatura y que esta ejerce influencia entre el periodo de floración a cosecha. Este se acorta cuando las plantas son sometidas a temperaturas que oscilan entre 21 y 29 °C se alarga entre 15.5 y 24 °C. Además reportan que entre las temperaturas de 26.5 y 35.5 °C, las vainas presentan un alto porcentaje de granos vanos y un fruto de poca turgides, deforme y pequeño.

Davis (7), encontró que por cada grado de temperatura máxima superior de 24 °C el número de semillas que cuajan disminuye en un 3.4%, lo cual coincide con lo observado por Sáenz (26), en que temperaturas mayores de 18 a 24 °C interfieren en la fructificación. Indica que altas temperaturas reducen el porcentaje de vainas formadas por planta, mientras que la humedad relativa no es tan limitante.

Rappaport (25), concluye que temperaturas bajas en la noche y alta humedad relativa favorecen la fructificación si ocurren después de la polinización. Las plantas incrementaban sus rendimientos si la temperatura descendía de 10 a 16 °C durante la floración. Las temperaturas nocturnas no son factores limitantes en las primeras fases del desarrollo del frijol; mientras que después retardan la maduración.

Dale (8), encontró que el área foliar a 25 °C fue cerca del doble del área foliar a 15 °C.

Estudiando los efectos hídricos se anota (20) que el frijol se desarrolla bien en zonas de 500-2000 mm por año, aunque también se establece que de 300 a 400 mm son suficientes durante el ciclo del cultivo (9, 19, 24, 29).

García y Cardona (6, 13), coinciden en que el frijol requiere 110 a 180 mm de precipitación de la siembra a la floración, y de 20 a 70 mm durante la floración para la obtención de una buena cosecha. A su vez indican que 15 días antes de la floración y 18 a 22 días antes que maduren las primeras vainas y una vez iniciada la maduración no se deben presentar cortos periodos de sequía.

Dubetz y Mahalle (13), encontraron ^{que} con una baja tensión de agua del suelo hay una buena producción, mientras que ésta desciende si la tensión aumenta, sobre todo en periodos críticos como antes y durante la floración.

Los periodos críticos (15), del frijol, en cuanto a requerimiento hídrico se refiere, se han definido en cinco fases:

- a) Suficiente humedad al germinar.
- b) Déficit de agua, 14 días antes de la floración.
- c) Buen suplemento de agua a la floración.
- d) A la fructificación suficiente humedad.
- e) Después de pasado este periodo se requiere un poco.

Pocos autores han estudiado el comportamiento del frijol a la incidencia de la ra-

diación solar. Magalhes y Montojos (16), encontraron que la alta radiación elevaba el crecimiento vegetativo y aumentaba la producción.

Biebel (4), concluyó que altas irradiaciones causaban más respuesta en las plantas, que todas las partes de las plantas responden, siendo las hojas y las flores las más sensibles.

Allard y Zaumeyer (1), encontraron que la mayoría de las variedades de frijol responden al fotoperíodo corto o son fotoneutras.

Dale (7), sometió plantas de frijol a temperaturas de 15 °C 25 °C y más de 25 °C con diferentes longitudes de luz diaria, desde una hora hasta 24 horas, encontrando diferencias significativas en el área foliar de cada hoja y en el área foliar total, así como una relación en un efecto cuadrático con la radiación solar recibida por día (2.5 cal/cm²/hora).

Jones (14), determinó que la morfología correcta de las plantas dependía mucho de la luz, ya que altas intensidades de ella aumentaban la viscosidad del citoplasma de las células, mientras que bajas intensidades lo disminuían, lo cual afecta la morfología de los órganos de la planta.

Otros aspectos de gran importancia en el frijol son su comportamiento a la humedad relativa y a los efectos del viento durante su ciclo vegetativo, pero son muy pocos los que han tratado de estudiarlo. O'leary y Knecht (19), establece que los diferentes rangos de humedad relativa no son significativos en el crecimiento y producción del frijol, siempre que éste disponga de suficiente agua para consumir.

Skidmore (29), reportar que el viento causa daños mecánicos y desecación de las hojas y si éste va acompañado con polvo aún es más destructivo para las plantas de frijol, sobre todo en las plántulas. Velocidades mayores a 32 Km/hora causan daños muy severos a las plántulas.

Bagley (3), encontró que el viento disminuye el crecimiento y desarrollo de las plantas. A mayor velocidad del viento, decrece la velocidad de crecimiento.

Saénz (26), en un experimento de épocas de siembra, hecho en Costa Rica, encontró que las de mayores rendimientos ocurrían cuando se presentaba el menor porcentaje de plagas y enfermedades para todas las variedades de frijol estudiadas. Las épocas mejores se obtuvieron en mayo.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (12), recomienda la variedad Jamapa-N, para el Valle Central en tres ciclos: del 20 de enero al 10 de febrero, del 15 de mayo al 15 de junio y del 15 de setiembre al 6 de octubre.

García (13), establece que para Maracay (Venezuela), a unos 400 a 500 m sobre el nivel del mar, la época adecuada es agosto.

En el estudio de la descripción del clima de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M., Fernández y Vives (11), concluyen que durante el período 61-68 los meses más lluviosos son junio, setiembre y octubre con más de 300 mm cada uno.

Saénz et al. (27), señala que la zona de Alajuela tiene un clima clasificado como Mesotermal, con precipitación moderada de 1.000 a 2.000 mm anuales y estaciones lluviosas y secas definidas.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno de la Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

Se utilizó la variedad Jamapa-N.

Diseño experimental:

Comprende sólo 13 tratamientos (del 14 al 26) del bloque al azar con 36 tratamientos y 4 repeticiones, que fué usado para investigar las exigencias climáticas del cultivo del frijol durante 1 año, correspondiendo cada tratamiento a una época de siembra.

Las siembras de este ensayo, fueron desde el 9 de agosto de 1973 hasta el 7 de diciembre de 1973, cada 10 días, en parcelas de 6 por 2 m. y cada una de ellas con cuatro surcos espaciados a 0.5 m. Se dejó una distancia entre bloque y parcela de 1 m.

Para el análisis estadístico se excluyeron los bordes cabecera (0.5 m. de cada lado) y las hileras laterales, por lo que el área efectiva fue de 5 por 1 m.

Trabajos culturales:

Las prácticas agronómicas que se utilizaron son las recomendadas por el Programa Frijol de la Estación Experimental citada.

La siembra se realizó en forma manual, en surcos, depositando las semillas en el fondo, con una separación entre ellas de unos 5 cm. Previamente la semilla había sido tratada con thimet (22 lb/aa de semilla) para prevenir el ataque de insectos del suelo. Un total aproximado de 100 semillas por surco fue usado, para raleo al mes, dejando 60 plantas por surco, con un total de 240 plantas por parcela., o sea una densidad de siembra de 200.000 plantas por hectárea.

Al momento de la siembra se fertilizó en banda, sobre frijol tapado, a razón de 10 qq/ha. (= 460 Kg/ha) de la fórmula 10-40-10 correspondiendo a ésta 46 Kg/ha de nitrógeno, 184 Kg/ha de fósforo (P_2O_5) y 46 Kg/ha potasio (K_2O).

En el tiempo que duró el ensayo en el campo se realizaron desyerbas manuales a cada parcela, aproximadamente cada 45 días.

Durante la estación seca se efectuaron 5 riegos por gravedad a cada parcela, a intervalos de 10 días aproximadamente entre uno y otro y con una media de aplicación de 17.7 mm por cada riego efectuado.

Cosecha y variables evaluadas:

La recolección de las plantas para cada época se realizó en forma manual a los 90 días después de la siembra. El peso de cada cosecha fue referido a Kg/ha. de grano al 12% de humedad.

En el campo se anotaron los siguientes parámetros: Altura de las plantas c/10 días; altura y fecha de floración; incidencias de plagas y enfermedades; volcamiento y efecto mecánico del viento cada 10 días y el número de plantas cosechadas,

De cada cosecha se determinó el peso de granos buenos y malos.

Análisis Estadístico:

Se llevó a cabo en el Centro de Unidad Estadística y Computación Electrónica del IICA-CATIE en Turrialba, Costa Rica.

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS/PC, versión 4.0, en el Centro de Unidad Estadística y Computación Electrónica del IICA-CATIE en Turrialba, Costa Rica. Se utilizó el método de muestreo aleatorio simple para la selección de las unidades muestrales. El análisis de varianza se realizó con el método de F, considerando el efecto de los factores de estudio. Se utilizó el método de Bonferroni para la comparación de medias entre tratamientos. El nivel de significancia se fijó en 0,05.

Los datos obtenidos se analizaron con el programa SPSS/PC, versión 4.0, en el Centro de Unidad Estadística y Computación Electrónica del IICA-CATIE en Turrialba, Costa Rica. Se utilizó el método de muestreo aleatorio simple para la selección de las unidades muestrales. El análisis de varianza se realizó con el método de F, considerando el efecto de los factores de estudio. Se utilizó el método de Bonferroni para la comparación de medias entre tratamientos. El nivel de significancia se fijó en 0,05.

Los datos obtenidos se analizaron con el programa SPSS/PC, versión 4.0, en el Centro de Unidad Estadística y Computación Electrónica del IICA-CATIE en Turrialba, Costa Rica. Se utilizó el método de muestreo aleatorio simple para la selección de las unidades muestrales. El análisis de varianza se realizó con el método de F, considerando el efecto de los factores de estudio. Se utilizó el método de Bonferroni para la comparación de medias entre tratamientos. El nivel de significancia se fijó en 0,05.

RESULTADOS

Análisis estadístico:

El primer análisis estadístico se realizó basándose en los rendimientos, el 12% de humedad; en el porcentaje de grano dañado; en la altura de las plantas a la floración y en el número de plantas cosechadas por época de siembra. Sus resultados se hallan en los Cuadros 1, 3, 5 y 7. El análisis de la variancia revela que para los rendimientos el porcentaje de grano dañado, la altura de las plantas a la floración, hubo diferencias muy significativas entre los tratamientos y el número de plantas cosechadas presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

Los Cuadros 2, 4, 6 y 8 presentan el agrupamiento de las 13 siembras, según la prueba de Duncan de estas variables, indicándose además, las fechas de siembra y cosecha para cada época.

La agrupación de Duncan al 5% permite definir las mejores épocas de siembra en la siguiente forma. Para el rendimiento (Cuadro 2) son octubre 8, octubre 18, agosto 9, setiembre 8 y setiembre 28); para el porcentaje de grano dañado (Cuadro 4), son octubre 28, octubre 18, octubre 8 y setiembre 28; para la altura de las plantas a la floración (Cuadro 6), son octubre 18, agosto 29, setiembre 8, octubre 8, setiembre 28 y octubre 28; para el número de plantas cosechadas (Cuadro 8)

Cuadro 1

Análisis de la variancia de los rendimientos del frijol
al 12% de humedad

F.V	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio
Repeticiones	3	568736.67	189578.89 [*]
Tratamientos	12	4195127.59	349593.96 ^{**}
Error	36	2032149.95	56448.60
Total	51	67966014.22	

Coefficiente de Variación = 44.28%

* Diferencia significativa (5%)

**Diferencia altamente significativa (1%)

Cuadro 2

Agrupación según Duncan de los rendimientos de frijol
por época de siembra 1973

Epoca de:		Kgr/Ha 12% Humedad	Agrupación según Duncan (5%)
Siembra	Cosecha		
Oct. 8	Ene. 6	1058.88	
Oct. 18	Ene. 16	854.84	
Ago. 9	Nov. 7	822.02	
Sep. 8	Dic. 7	805.27	
Sep. 28	Dic. 27	688.93	
Sep. 18	Dic. 17	567.99	
Ago. 29	Nov. 27	562.57	
Oct. 28	Ene. 26	415.45	
Dic. 7	Mar. 7	350.11	
Nov. 7	Feb. 5	325.85	
Ago. 19	Nov. 17	223.08	
Nov. 27	Feb. 25	203.70	
Nov. 17	Feb. 15	97.03	

Cuadro 3

Análisis de la variancia del % grano dañado de frijol
al 12% de humedad

F.V	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio
Repeticiones	3	95.98	31.96*
Tratamientos	12	1449.27	120.77**
Error	36	383.92	10.66
Total	51	1929.10	

Coefficiente de Variación = 55.46%

* Diferencia significativa (5%)

**Diferencia altamente significativa (1%)

Cuadro 4

Agrupación según Duncan del % grano dañado de frijol
por época de siembra 1973

Epoca de:		% grano Dañado	Agrupación según Duncan (5%)
Siembra	Cosecha		
Ago. 19	Nov. 17	19.39	
Ago. 9	Nov. 7	13.54	
Nov. 17	Feb. 15	8.98	
Nov. 27	Feb. 25	6.40	
Dic. 7	Marz. 7	5.52	
Ago. 29	Nov. 27	4.84	
Nov. 7	Feb. 5	4.30	
Sep. 8	Dic. 7	4.25	
Sep. 18	Dic. 17	3.84	
Sep. 28	Dic. 27	1.62	
Oct. 8	Ene. 6	1.55	
Oct. 18	Ene. 16	1.11	
Oct. 28	Ene. 26	0.64	

Cuadro 5

Análisis de la variancia de la altura de las plantas
de frijol a la floración (en cm.)

F.V	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio
Repeticiones	3	79.44	N.S 26.48
Tratamientos	12	2959.30	** 246.60
Error	36	597.30	16.59
Total	51	3636.05	

Coefficiente de Variación = 14.74%

N.S = No significativo

**Diferencia altamente significativa (1%)

Cuadro 6

Agrupación según Duncan de la altura de las plantas
de frijol a la floración por época de siembra 1973

Epoca de:		Altura a Floración (cm)	Agrupación según Duncan (5%)
Siembra	Cosecha		
Oct. 18	Ene. 16	41.50	
Ago. 29	Nov. 27	38.00	
Sep. 8	Dic. 7	35.25	
Oct. 8	Ene. 6	30.75	
Sep. 28	Dic. 27	30.50	
Oct. 28	Ene. 26	29.00	
Ago. 19	Nov. 17	27.25	
Sep. 18	Dic. 17	26.50	
Ago. 9	Nov. 7	25.00	
Nov. 7	Feb. 5	24.50	
Nov. 17	Feb. 15	18.75	
Nov. 27	Feb. 25	16.50	
Dic. 7	Mar. 7	15.75	

Cuadro 7

Análisis de la variancia del número de plantas cosechadas de frijol

F.V	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio
Repeticiones	3	3146.36	1048.78*
Tratamientos	12	8634.00	719.50*
Error	36	9813.38	272.59
Total	51	21593.75	

Coefficiente de Variación = 18.82%

* Diferencia significativa (5%)

Cuadro 8

Agrupación según Duncan del número de plantas cosechadas de frijol por época de siembra 1973

Epoca de:		Número de Plantas	Agrupación según Duncan (5%)
Siembra	Cosecha		
Oct. 18	Ene. 16	108.75	
Oct. 8	Ene. 6	105.50	
Ago. 9	Nov. 7	100.75	
Ago. 19	Nov. 17	95.50	
Nov. 7	Feb. 5	94.50	
Oct. 28	Ene. 26	90.00	
Ago. 29	Nov. 27	88.25	
Sep. 18	Dic. 17	85.75	
Dic. 7	Mar. 7	84.25	
Sep. 8	Dic. 7	79.50	
Sep. 28	Dic. 27	73.00	
Nov. 27	Feb. 25	68.00	
Nov. 17	Feb. 15	67.00	

octubre 18, octubre 8, agosto 9, agosto 19, noviembre 7, octubre 28, agosto 29, setiembre 18 y diciembre 7.

La peor época de siembra en cuanto a rendimiento fue noviembre 17; para el porcentaje de grano dañado fue agosto 19, para la altura de las plantas a la floración fue noviembre 17 y diciembre 7 y para el número de plantas cosechadas noviembre 17.

Tomando como base la agrupación de Duncan para rendimientos; grano dañado; altura de las plantas a la floración, y número de plantas cosechadas, se realizó un nuevo agrupamiento por categorías con el fin de definir el mejor período de siembra y sus exigencias climáticas; el cual aparece en el Cuadro 9. En este cuadro, la primera categoría, se define como de buena a muy buena, y agrupa las épocas de mayores rendimientos menor porcentaje de grano dañado, mayor altura de las plantas a la floración y el mayor número de plantas cosechadas. La segunda categoría de regular a buena, agrupa las épocas de medios rendimientos, porcentaje de grano dañado, altura a floración y número de plantas cosechadas y la tercera categoría, de mala a regular, agrupa las épocas de menores rendimientos, mayor porcentaje de grano dañado, menor altura a la floración y menor número de plantas cosechadas.

Los resultados del análisis de correlación entre las variables agronómicas y los datos climáticos aparecen en la matriz de correlación en el Cuadro 17 del Apéndice.

En el Cuadro 10 se presenta el resumen de las correlaciones existentes entre sólo

Cuadro 9

Reagrupación en base a Duncan, de los rendimientos, porcentaje grano dañado, altura de plantas a floración y número de plantas cosechadas de frijol para cada época de siembra por categorías

Categorías	Rendimientos Kgr/ha 12% H.	Grano Dañado (%)	Alturas Floración (cm.)	Número de Plantas
De Buenas a Muy Buenas	Oct. 8	Oct. 28	Oct. 18	Oct. 18
	Oct. 18	Oct. 18	Ago. 29	Oct. 8
	Ago. 9	Oct. 8	Sep. 8	Ago. 9
	Sep. 8	Sep. 28	Oct. 8	Ago. 19
	Sep. 28		Sep. 28	Nov. 7
			Oct. 28	Oct. 28
				Ago. 29
				Sep. 18
				Dic. 7
De Regulares a Buenas	Sep. 18	Sep. 18	Ago. 19	Sep. 18
	Ago. 29	Sep. 8	Sep. 18	Sep. 28
		Nov. 7	Ago. 9	Nov. 27
		Ago. 29	Nov. 7	
		Dic. 7		
		Nov. 27		
	Oct. 28	Nov. 17	Nov. 17	Nov. 17
	Dic. 7	Ago. 9	Nov. 27	
	Nov. 7	Ago. 19	Dic. 7	
	Ago. 19			
De malas a regulares	Nov. 27			
	Nov. 17			

Correlaciones existentes entre las variables agronómicas

	Producción	Grano Dañado	H Floración	Plantas Cosechadas	Plagas	Roya	Mancha Angular	Erwinia	Tela-rama	Volca- miento	Daño por Viento
Producción	-	NS	*	*	-*	*	NS	NS	NS	*	NS
Grano Dañado	NS	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
H Floración	*	NS	-	NS	-*	-*	NS	NS	*	NS	NS
Plantas Cosechadas	*	NS	-	-*	-*	-*	NS	NS	*	NS	NS
Plagas	-*	NS	-*	-	-	*	-*	-*	-*	-*	*
Roya	*	NS	-*	-*	NS	NS	NS	NS	-*	-*	*
Mancha Angular	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Erwinia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	-*
Tela-rama	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-*
Volca- miento	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Daño por Viento	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = No significativa

- * = Correlación inversa

* = Correlación directa

(+) : Tomadas de la Matriz de Correlación (Cuadro 18)

H = Altura de las plantas a la floración.

las variables agronómicas, encontrándose una correlación directa de la producción con la altura de las plantas; con el número de plantas cosechadas y con el volcamiento y una correlación inversa o negativa, con el ataque de plagas y de roya.

Con el resto de las variables no hay diferencias significativas. Así mismo se presenta que el porcentaje de grano dañado no tiene diferencias significativa con ninguna otra variable, mientras que la altura de las plantas a la floración presenta una correlación inversa, con el ataque de plagas y de roya y en idéntica forma el número de plantas cosechadas con las plagas.

El Cuadro II muestra las correlaciones existentes de las variables agronómicas con las climáticas. Se nota que la temperatura mínima y la humedad relativa están correlacionadas en forma directa con la producción; mientras que la oscilación de las temperaturas extremas, la evaporación, la velocidad del viento dominante y la radiación solar tienen una correlación inversa con la producción. El resto de las variables climáticas no son significativas a la producción.

En las Figuras 1, 2, 3, 4, 5, y 6 se observan las correlaciones existentes entre la producción y las variables climáticas significativas a ella, en su promedio diario del ciclo vegetativo (incluye 10 días antes de la siembra hasta la cosecha), por medio de líneas de mejor ajuste trazadas en base a la desviación de los puntos.

El porcentaje de grano dañado y el número de plantas cosechadas no presentan correlaciones significativas con las variables climáticas, mientras que la altura de las plantas a la floración sí presentó correlación directa con la temperatura

Correlaciones existentes de las variables agronómicas con las variables climatológicas (+)

Variables Agronómicas	Variables climatológicas											
	Producción	Grano Dañado	Floración	Plantas Cosechadas	Plagas	Roya Angular	Mancha Angular	Erwinia	Tela-raña	Volcanamiento	Raídas por Viento	
Temperatura Ambiente	NS	NS	NS	NS	*	*	*	-*	-*	NS	*	NS
Temperatura Máxima	NS	NS	-*	NS	*	*	-*	-*	-*	NS	*	NS
Temperatura Mínima	*	NS	*	NS	-*	*	*	*	*	NS	-*	NS
Temperatura Máx-Mín.	-*	NS	-*	NS	*	-*	-*	-*	-*	NS	*	NS
Humedad Relativa	-*	NS	-*	NS	*	-*	-*	-*	-*	NS	*	NS
Velocidad del Viento	-*	NS	-*	NS	*	-*	-*	-*	-*	NS	*	NS
Relatividad R.	*	NS	*	NS	-*	*	*	*	*	NS	-*	NS
Producción total	NS	NS	NS	NS	-*	-*	-*	-*	-*	NS	-*	NS
Producción Día	NS	NS	NS	NS	-*	-*	-*	-*	-*	NS	-*	NS
Producción Noche	NS	NS	*	NS	-*	-*	-*	-*	-*	NS	-*	NS
Producción Lluvia	NS	NS	*	NS	-*	-*	-*	-*	-*	NS	-*	NS
Producción Lluvia	NS	NS	NS	NS	-*	-*	-*	-*	-*	NS	-*	NS
Producción Lluvia	NS	NS	NS	NS	-*	-*	-*	-*	-*	NS	-*	NS
Producción Lluvia	NS	NS	-*	NS	*	*	*	*	*	NS	*	NS
Producción Lluvia	NS	NS	*	NS	-*	-*	-*	-*	-*	NS	-*	NS
Producción Lluvia	NS	NS	*	NS	-*	-*	-*	-*	-*	NS	-*	NS
Producción Lluvia	NS	NS	-*	NS	*	*	*	*	*	NS	*	NS

(+) Tomadas de la Matriz de Correlación (Cuadro 19)

* = Correlación Directa
 -* = Correlación Inversa
 NS = No significativa

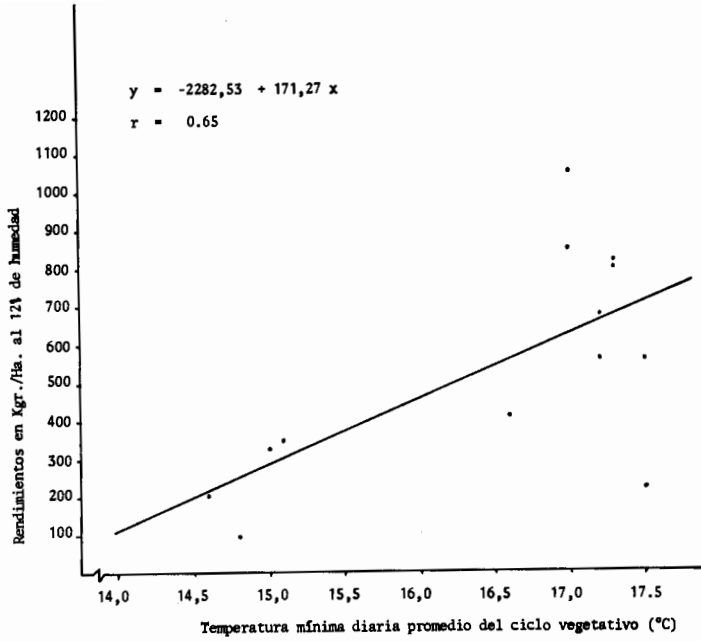


Fig. 1 CORRELACION ENTRE RENDIMIENTOS DE FRIJOL Y TEMPERATURA MINIMA DIARIA PROMEDIO DEL CICLO VEGETATIVO.

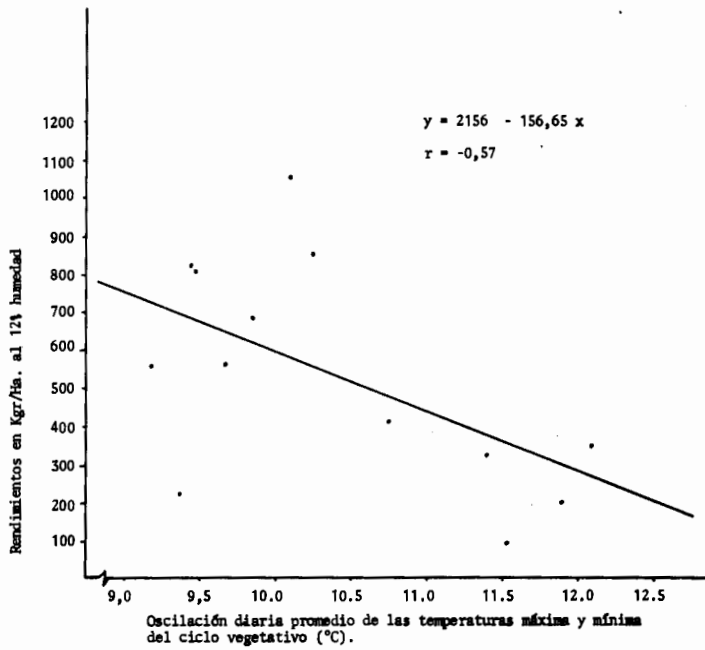


Fig. 2. CORRELACION ENTRE RENDIMIENTOS DE FRIJOL Y OSCILACION DIARIA PROMEDIO DE LAS TEMPERATURAS MAXIMA Y MINIMA DIARIA DEL CICLO VEGETATIVO.

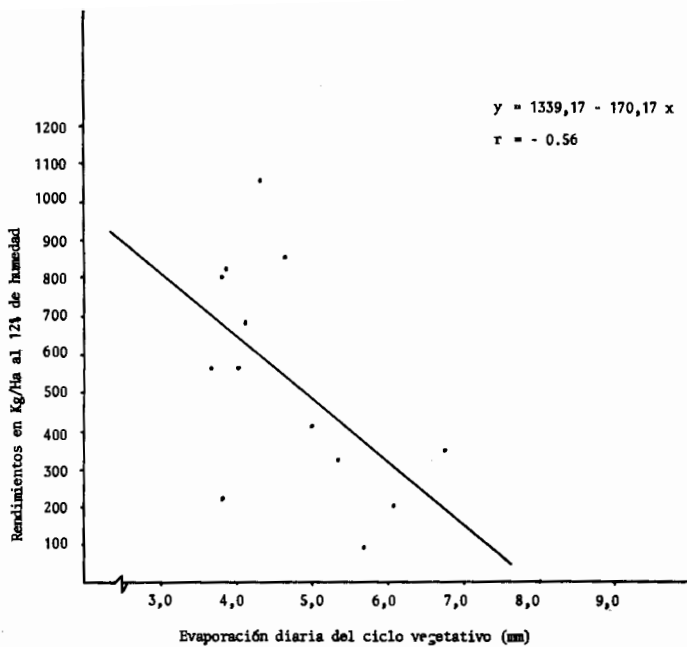


Fig. 3. CORRELACION ENTRE RENDIMIENTOS DE FRIJOL Y EVAPORACION DIARIA PROMEDIO DEL CICLO VEGETATIVO.

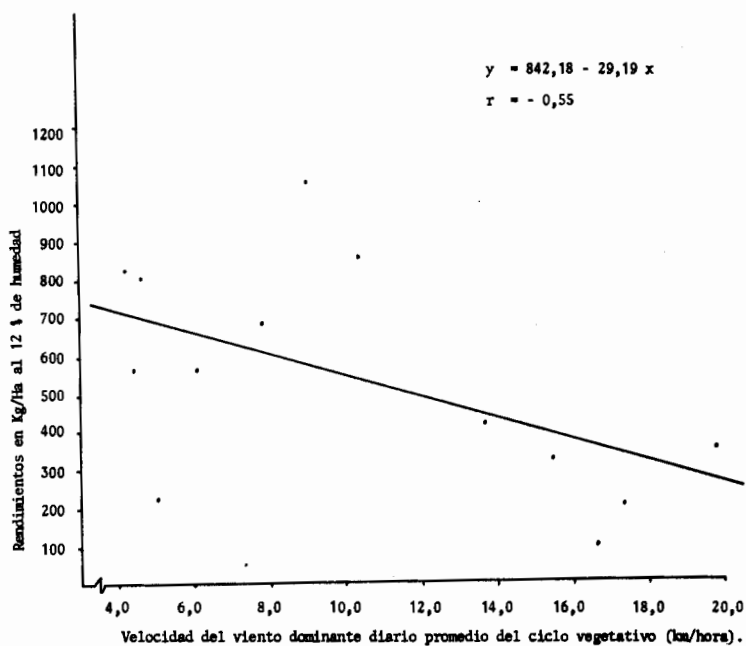


Fig. 4 CORRELACION ENTRE RENDIMIENTOS DE FRIJOL Y VELOCIDAD DEL VIENTO DOMINANTE DIARIO PROMEDIO DEL CICLO VEGETATIVO.

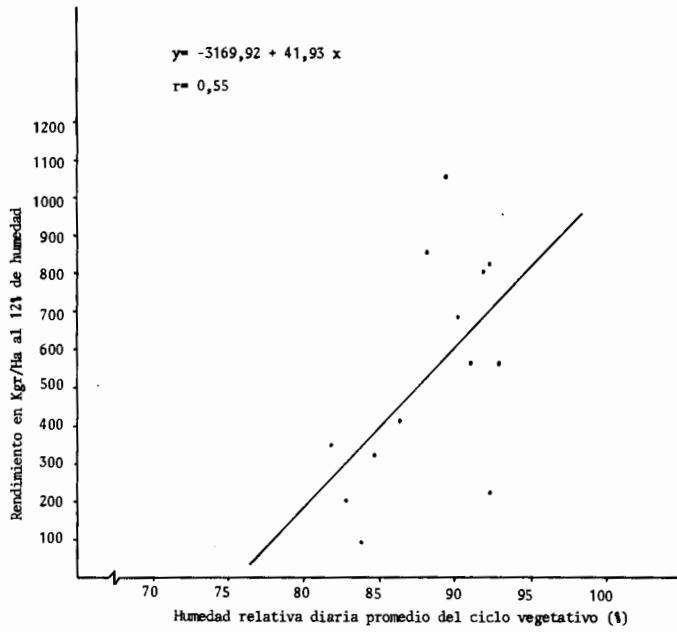


Fig. 5. CORRELACION ENTRE RENDIMIENTO DE FRIJOL Y HUMEDAD RELATIVA DIARIA PROMEDIO DEL CICLO VEGETATIVO

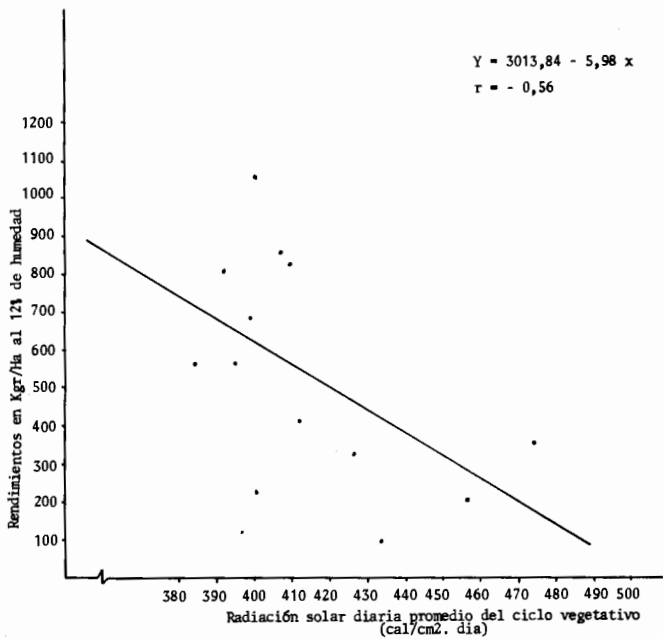


FIG. 6. CORRELACION ENTRE RENDIMIENTOS DE FRIJOL Y RADIACION SOLAR DIARIA PROMEDIO DEL CICLO VEGETATIVO

mínima; la humedad relativa; la lluvia de noche; las horas de lluvia de día; los días de menos de una hora y con días de una a diez horas de brillo solar y una correlación inversa con la temperatura máxima; la oscilación de las temperaturas extremas; la evaporación; la radiación solar; la velocidad del viento dominante; el brillo solar total y con los días de más de diez horas de brillo solar.

En las Figuras 7, 8, 9, 10 y 11 se presentan las desviaciones de los promedios mensuales de las variables climáticas, significativas a la producción, reinante durante el ensayo (1973-1974) con relación al promedio de la zona.

El Cuadro 12 presenta los resultados en porcentaje de la incidencia de plagas, enfermedades, volcamiento, daño mecánico por el viento y ataque de ratas para cada época de siembra.

La última parte del análisis estadístico consistió en investigar si se cumple en el frijol la hipótesis (32), que supone que el desarrollo de un cultivo, incluyendo su producción, depende del balance armónico parcial, del brillo solar y la lluvía, expresados en porcentaje. Para esto se analizaron las correlaciones entre las variables agronómicas y la suma de los incrementos en porcentaje de la lluvia y del brillo solar cada diez días, desde diez días antes de la siembra hasta la cosecha, para las diferentes épocas de la siembra del frijol.

En el análisis se demostró que no existen diferencias significativas entre la suma de estos incrementos y la producción (Cuadro 18). Tampoco se encontró correlación entre la suma de los incrementos y la roya, mancha angular, erwinia, porcentaje de grano dañado y número de plantas cosechadas.

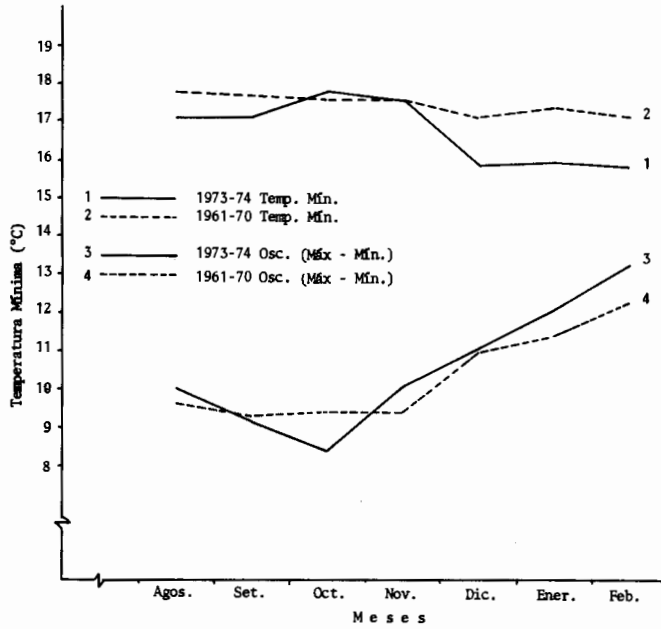


Fig. 7 DESVIACION DE LA TEMPERATURA MINIMA MENSUAL PROMEDIO DIARIA Y LA OSCILACION MENSUAL PROMEDIO DIARIA DE LA MAXIMA MENOS LA MINIMA DURANTE EL ENSAYO (1973-74) CON RELACION AL PROMEDIO (1961-70).

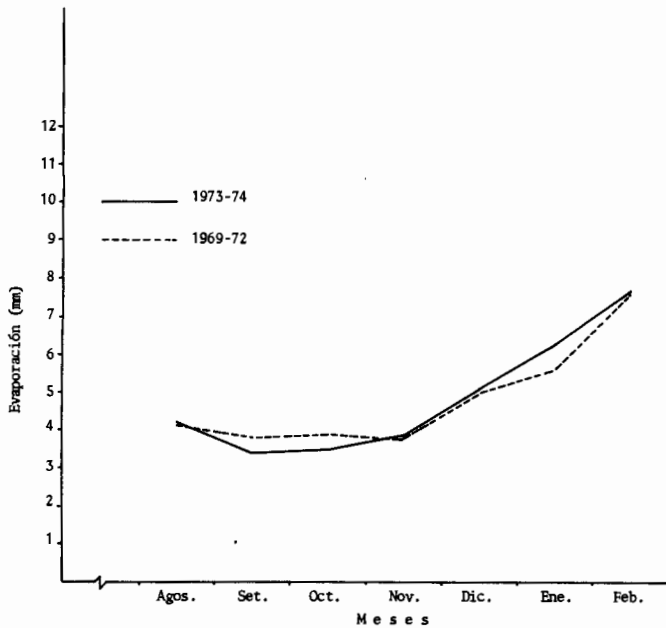


Fig. 8. DESVIACION DE LA EVAPORACION MENSUAL PROMEDIO DIARIO DURANTE EL ENSAYO (1973-74) CON RELACION AL PROMEDIO (1969-72).

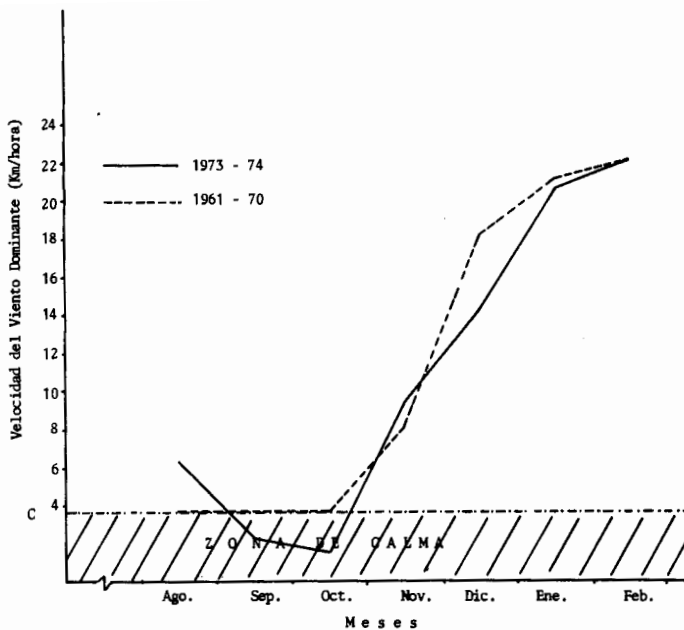


Fig. 9. DESVIACION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO DOMINANTE MENSUAL PROMEDIO DIARIO DURANTE EL ENSAYO (1973-74) CON RELACION AL PROMEDIO (1961-70).

* Zona de Calma, según la Organización Meteorológica Mundial, a velocidades del viento menores o iguales a 3,7 Km/hora.

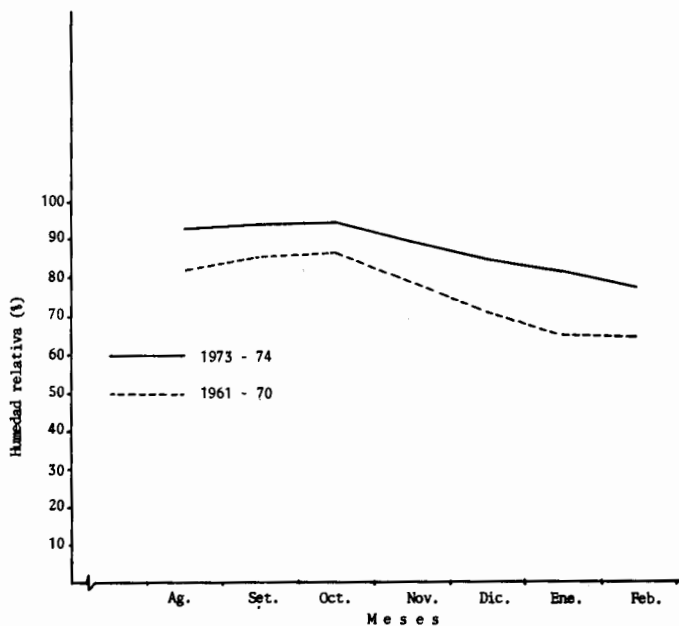


Fig. 10. DESVIACION DE LA HUMEDAD RELATIVA MENSUAL PROMEDIO DIARIO DURANTE EL ENSAYO (1973-74) CON RELACION AL PROMEDIO (1961-70).

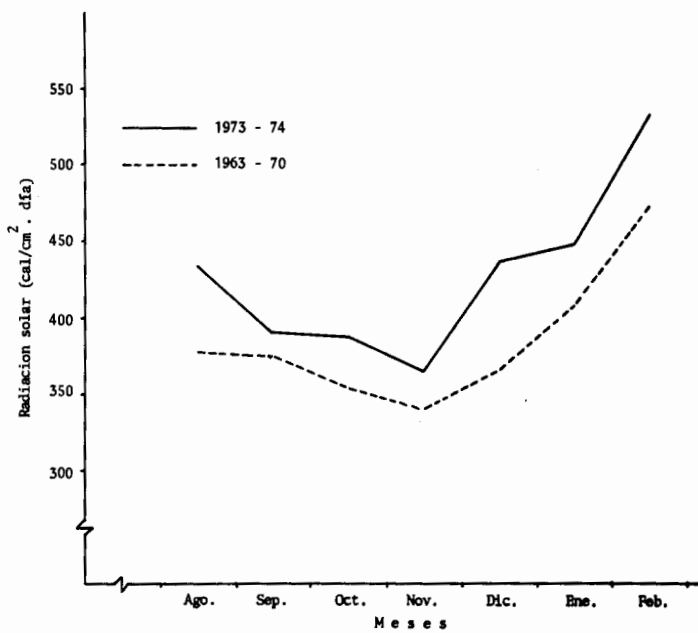


Fig. 11. DESVIACION DE LA RADIACION SOLAR MENSUAL PROMEDIO DIARIO DURANTE EL ENSAYO (1973-74) CON RELACION AL PROMEDIO (1963-70).

Cuadro 12

Incidencias de plagas, enfermedades, volcamientos, daños mecánicos
ocasionados por el viento y ratas (%) al frijol
para cada época de siembra 1973

Epoca de:		Plagas (%) (1)	Enfermedades (%) (2)				Volcamiento (%)	Daño por Ratas Viento (%) (%)	
Siembra	Cosecha		R	M.A	E	T			
Ago. 9	Nov. 7	15.6	29.4	22.6	28.8	1.8	4.4	0.0	0.0
Ago. 19	Nov. 17	15.0	25.0	16.2	20.0	9.4	0.6	0.0	0.0
Ago. 29	Nov. 27	15.6	19.4	11.8	15.6	23.2	5.6	0.0	0.0
Sep. 8	Dic. 7	12.6	21.2	12.6	14.4	10.0	22.6	0.0	0.0
Sep. 18	Dic. 17	18.2	29.4	16.2	13.2	16.2	1.8	0.0	0.0
Sep. 28	Dic. 27	13.8	24.4	13.8	16.8	7.6	2.6	0.0	0.0
Oct. 8	Ene. 6	15.6	21.2	8.8	9.4	4.4	11.2	7.6	0.0
Oct. 18	Ene. 16	15.6	26.8	7.6	7.6	4.4	5.6	15.0	25.0
Oct. 28	Ene. 26	26.2	41.8	5.0	5.6	0.0	0.0	13.8	12.6
Nov. 7	Feb. 5	22.6	33.8	3.2	1.2	0.6	1.2	6.8	0.0
Nov. 17	Feb. 15	36.2	46.2	0.6	0.0	0.0	0.0	25.0	5.6
Nov. 27	Feb. 25	35.6	36.8	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4	2.
Dic. 7	Mar. 7	30.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.2	0.0

(1) Vaquita (Diabrotica sp.), otros crisonelidos y coccinelidos, salta hoja (Empoasca ap.), minadores (Liriomyza ap.), gusanos cortadores (Agrotis ap. y Prodenia ap.).

(2) R = Roya (Uromyces phaseoli typica)

M.A= Mancha Angular (Isariopsis griseola)

E = Erwinia (Erwinia sp.)

T = Telaraña (Thanatephorus cucumeris)

DISCUSION

Con el propósito de determinar las exigencias climáticas del cultivo del frijol, se toman como base de discusión sólo las épocas que forman parte de la primera categoría, definida de buena a muy buena. (Cuadro 9).

En general las épocas que presentaron los mayores rendimientos, (octubre 8, octubre 18, agosto 9, setiembre 8 y setiembre 28) coinciden con las de menor porcentaje de grano dañado y mayor altura de las plantas a la floración y un número de plantas. Esta coincidencia de factores positivos permite definir a éstas épocas de siembra como las mejores. Se nota sin embargo, que la del 9 de agosto presentó un valor muy alto para grano dañado (13,5%), que es uno de los porcentajes más altos, por lo que su producción de grano sano se disminuye a 711 Kg/ha. La causas de tal daño no pudieron ser determinadas en este estudio, por lo que esta época no se puede aconsejar como buena hasta tanto no se aclare este hecho.

Aún más, se observa (Cuadro 12) que las épocas agrupadas en esta primera categoría, según sus rendimientos, presenta los valores más bajos en cuanto a la incidencia de plagas y de roya se refiere. Esta observación es confirmada por las correlaciones encontradas de estas variables y la producción, siendo para las plagas de -0,74 y para la roya de -0.69 (Cuadro 17). Igualmente se encuentran correlaciones directas de la producción con la altura de las plantas a la floración y

con el número de plantas cosechadas, de + 0.66 y + 0.57 respectivamente, lo cual coincide con los resultados obtenidos de que los mayores rendimientos presentaron la mayor altura a la floración y al mayor número de plantas cosechadas. No se encontró diferencia significativa entre el porcentaje de grano dañado y la producción (-0.39).

De acuerdo con las correlaciones encontradas entre la producción y algunas variables climáticas (Cuadro 11), se puede deducir que la mejor época de la primera categoría, octubre 8, requiere una temperatura mínima media diaria durante todo su ciclo, de 17.0 °C, siguiéndole octubre 18 con 17.0 °C; agosto 9 con 17.4 °C; setiembre 8 con 17.4 °C y setiembre 28 con 17.2 °C y la peor época, de la tercera categoría, noviembre 17 con 14.9 °C.

En cuanto a la oscilación de las temperaturas extremas (Máxima-Mínima), octubre 8 necesita una oscilación media diaria de 10.1 °C, octubre 18 una de 10.3 °C, agosto 9 una de 9.4 °C, setiembre 8 una de 9.5 °C y setiembre 28 una de 9.8 °C y la peor época, noviembre 17, una de 11.5 °C.

Para la evaporación se requieren como promedio diario 4.3 mm para octubre 8, 4.7 mm para octubre 18; 3.9 mm para agosto 9; 3.8 mm para setiembre 8 y 4.2 mm para setiembre 28 y 5.7 mm para la peor época, noviembre 17

La velocidad del viento dominante media diaria apropiada para octubre 8 es de 9.1 km h⁻¹; octubre 18 de 11.5 km h⁻¹; agosto 9 de 4.3 km h⁻¹; setiembre 8 de 4.7 km h⁻¹ y setiembre 28 de 7.9 km h⁻¹ y la peor época, noviembre 17, de 16.7 km h⁻¹.

La humedad relativa media diaria requerida para octubre 8 es de 89.3%; octubre 18 de 88.1%; agosto 8 de 92.3%. setiembre 8 de 92.0% y setiembre 28 de 90.2%. La peor época, noviembre 17, de 83.9%.

La última variable climática que presentó correlación con la producción fue la radiación solar. El 8 de octubre necesita una media diaria de 400.3 cal/cm² día; octubre 18 de 407.5 cal/cm² día; agosto 9 de 409.59 cal/cm² día; setiembre 8 de 392.2 cal/cm² día y setiembre 28 de 392.0 cal/cm² día. La peor época noviembre 17, 434.0 cal/cm² día.

La altura de las plantas a la floración no presentó correlación con la temperatura ambiente, ni con la lluvia total ni de día, ni con las horas de lluvia de noche. Mientras que se encontró correlaciones inversas con las siguientes variables: temperatura máxima (-0.65); oscilación (máx -Mín) (-0.72) radiación solar (-0.80) velocidad del viento dominante (-0.64); brillo solar total (-0.74); evaporación (-0.72) y días con más de 10 horas de brillo solar (-0.72). Estos resultados indican que cuanto mayor sea el incremento de estas variables menor será la altura de las plantas a la floración.

Las variables climáticas que favorecen la altura de las plantas a la floración son: temperatura mínima (+0.75); humedad relativa (+0.68); lluvia de noche (+0.60); horas de lluvia de día (+0.56), día con menos de una hora de brillo solar (+0.73) y días de 1 a 10 horas de brillo solar (+0.67).

Se observa que las correlaciones encontradas de la producción y la altura de las plantas a la floración con las variables meteorológicas no son las mismas. Esto indica que el frijol requiere condiciones climáticas diferentes en las diversas

fases de su ciclo vegetativo, lo cual concuerda con muchos autores que así lo han determinado (7, 9, 13, 19, 23, 24, 29, 34, 35, 36, 44, 47, 50, 51).

Es de hacerse notar que aquellas variables climáticas que favorecen una buena producción y una mayor altura de las plantas a la floración, son las mismas que de una forma u otra no son apropiadas para el desarrollo y la ^{alta} incidencia de plagas y de roya.

Se encontró una correlación significativa entre la producción y el porcentaje de volcamiento de + 0.66 y entre la producción y la velocidad del viento dominante de -0.55. No se encontró correlación entre el porcentaje de volcamiento y la velocidad del viento, lo cual sugiere que los volcamientos ocurridos obedecieron principalmente al peso de las cosechas y no a la velocidad del viento. Esto coincide con el alto porcentaje de volcamiento de las épocas de mayor rendimiento (Cuadros 9 y 12) que son las que presentaron mayor altura de las plantas a la floración.

La diferencia que se presenta en la altura de las plantas en las épocas de mayor velocidad del viento es notable con respecto a las épocas en que ésta presenta valores más bajos (Cuadro 13). Lo anterior coincide con lo reportado por Bagley y Skimore (3 y 29) en que la velocidad del viento, si es muy alta, perjudica el crecimiento y desarrollo de las plantas de frijol y consecuentemente estas presentan un tamaño muy pequeño y una baja altamente significativa en la producción.

A fin de determinar si las condiciones climáticas que prevalecieron durante el ciclo vegetativo de las épocas agrupadas en la primera categoría (octubre 8, oc-

tubre 18, agosto 9, setiembre 8 y setiembre 28) sufrieron variaciones apreciables con relación al clima promedio de la zona, se calcularon sus desviaciones en porcentaje (Cuadro 14).

Puede considerarse que la temperatura mínima, oscilación de las temperaturas extremas, evaporación, velocidad del viento dominante, humedad relativa y radiación solar prevalecientes durante el ensayo son similares al promedio de la zona. La humedad relativa y la radiación solar, que se alejan en un 14.4% y en un 11.08% respectivamente con relación al promedio.

Las variables meteorológicas que no fueron significativas a la producción fueron: temperatura ambiente; temperatura máxima, lluvia total de día y de noche; horas de lluvia de día y de noche; brillo solar total; días con menos de una hora, días de 1-10 horas y días con más de 10 horas de brillo solar.

En el análisis estadístico, usando el método de balance armónico relativo pluvio-solar (32), actualmente en estudio y que consiste en estudiar las posibles correlaciones existentes entre la suma parcial de los porcentajes de la lluvia y el brillo solar cada 10 días, desde 10 días antes de la siembra hasta la cosecha, de mostró que no habían diferencias significativas entre la producción y la suma de esos porcentajes.

Promedios de las alturas de las plantas (cm), cada 10 días,
después de la siembra hasta 10 días antes de la cosecha
y el promedio de la velocidad del viento dominante
para cada época de siembra

Época de:		Veloc. \bar{x} /diaria del viento dominante Km/h									
Siembra	Cosecha	10	20	30	40	50	60	70	80	80	
Ago. 9	Nov. 7	4.6	11.5	16.7	25.0	43.7	46.6	50.6	43.9	43.9	4.3
Ago. 19	Nov. 17	4.2	12.6	18.9	27.2	36.9	45.5	43.4	44.5	44.5	5.1
Ago. 29	Nov. 27	4.2	13.3	25.7	38.0	58.6	52.0	53.8	55.3	55.3	4.5
Sep. 8	Dic. 7	3.9	13.5	23.3	35.2	50.0	46.8	48.4	48.7	48.7	4.7
Sep. 18	Dic. 17	4.6	12.2	22.5	26.5	33.2	38.7	40.9	43.6	43.6	6.1
Sep. 28	Dic. 27	4.3	15.0	23.7	30.5	32.2	48.4	93.6	48.9	48.9	7.9
Oct. 8	Ene. 6	4.9	16.2	23.0	30.7	54.9	35.9	55.9	54.5	54.5	9.1
Oct. 18	Ene. 16	4.6	14.6	29.0	41.5	46.6	46.2	51.5	55.4	55.4	11.4
Oct. 28	Ene. 26	4.4	14.8	21.1	29.0	35.1	35.9	37.0	37.0	37.0	13.7
Nov. 7	Feb. 5	5.5	13.0	22.9	24.5	29.5	30.0	32.2	32.2	32.2	15.5
Nov. 17	Feb. 15	5.0	13.8	16.7	18.7	18.7	19.3	18.1	18.1	18.1	16.7
Nov. 27	Feb. 25	4.3	8.80	15.2	15.6	16.5	15.7	19.6	17.9	17.9	17.5
Dic. 7	Mar. 7	4.9	10.6	14.1	15.7	17.0	20.6	21.9	22.3	22.3	19.9
Promedios		4.5	13.1	21.2	27.6	36.4	38.6	39.7	40.2	40.2	10.5

Desviación, en %, de los promedios de las variables climáticas que resultaron significativas en el ensayo (1973-74) con relación al promedio de la zona

Mes	Temp Mínima (°C)		Osc. Máx-Mín (°C)		Evaporación (mm)		Veloc. Viento D. (Km/h)		Humedad R. (%)		Radiac. Sol (Cal/					
	1961-74	1973-Desv. %	1961-74	1973-Desv. %	1969-72	1973-74 %	1961-70	1973-74 %	1961-70	1973-74 %	1963-70	1973-74				
Agosto	17.8	17.1 -3.93	9.6	10.0	4.16	4.1	4.2	2.43	3.7	6.4	72.97	82.2	90.3	9.85	378	434
Septiembre	17.7	17.1 -3.38	9.3	9.2	-1.67	3.8	3.4	-10.52	3.7	2.3	-37.83	85.7	94.0	9.68	377	390
Octubre	17.6	17.8 1.13	9.4	8.4	-10.63	3.9	3.5	-10.25	3.7	1.6	-56.75	86.7	94.6	9.11	354	389
Noviembre	17.6	17.6 0.0	9.4	10.1	7.44	3.8	3.9	2.63	8.2	9.4	14.63	79.3	89.5	12.86	340	365
Diciembre	17.2	15.9 -7.55	11.0	11.1	0.90	5.0	5.1	2.00	18.2	14.3	-21.42	71.3	85.1	19.35	366	437
Enero	17.4	16.0 -8.04	11.4	12.1	6.14	5.6	6.3	12.5	21.2	20.7	-2.35	65.4	81.7	24.92	409	449
Febrero	17.2	15.9 -7.55	12.3	13.3	8.13	7.6	7.7	1.31	22.2	22.2	0.0	64.8	77.7	19.90	474	533
Promedios	17.5	16.7 -4.57	10.3	10.6	2.91	4.82	4.87	1.03	11.6	11.0	-5.17	76.48	87.55	14.47	385.42	428.14

CONCLUSIONES

Las mejores épocas de siembra resultaron ser octubre 8 (1058,88 Kg/ha), octubre 18 (854,84 Kg/ha), agosto 9 (822,02 Kg/ha), setiembre 8 (805,27 Kg/ha) y setiembre 28 (688,93 Kg/ha), sin diferencias significativas entre ellas y con una media de 845,98 Kg/ha entre ellas. La peor época resultó ser noviembre 17, con una producción de 97,03 Kg/ha; o sea, que las mejores épocas oscilan desde principios de setiembre hasta un poco más de mediados de octubre, a excepción de la siembra del 9 de agosto que se ve afectada por un alto porcentaje de granos dañados.

La producción obtenida dependió en un alto grado de la altura de las plantas a la floración y de la incidencia de plagas y de roya durante su ciclo vegetativo.

Las condiciones climáticas que requiere el cultivo del frijol depende de las fases de su ciclo vegetativo (germinación, crecimiento, floración, fructificación y cosecha). La producción se ve favorecida por la temperatura mínima y por la humedad relativa; la altura de las plantas a la floración por la temperatura mínima, la humedad relativa, la lluvia de noche, las horas de lluvia de día, los días con menos de 1 hora y los días de una a 10 horas de brillo solar.

Los requerimientos climáticos del frijol se pueden resumir en el siguiente cuadro.

CUADRO 15

Valores óptimos de las exigencias de las variables meteorológicas significativas para el cultivo y producción de frijol.

Variables meteorológicas						
	Temp. Mfn. \bar{x} diaria	Osc. \bar{x} diaria	Evapor. \bar{x} diaria	Veloc. viento D. \bar{x} diaria	Hum, rel. \bar{x} diaria	R. solar \bar{x} diaria
Valores óptimos	Más de 17.0 °C	Menos de 10.5 °C	Menos de 4.7 mm	Menos de 11.5 h ⁻¹	Más de 85.5%	Menos de 412.8 cal/cm ² dfa

No se encontró correlación entre la producción y los totales de temperatura ambiente, temperatura máxima, lluvia total de día y de noche, horas de lluvia de día y de noche, brillo solar total, días con menos de 1 hora, días de 1 a 10 horas y días con más de 10 horas de brillo solar.

Velocidades del viento dominante, media diaria, mayores a 11.5 Km/hr hacen que las plantas de frijol se vean perjudicadas en su crecimiento, además de los daños mecánicos que causa a la planta, siendo en mayor grado a la superficie foliar.

El clima reinante durante el ensayo, para las variables meteorológicas significativas, es similar al prevaleciente en la zona, exceptuando la humedad relativa y la radiación solar, que mantuvieron una tendencia superior al promedio..

No existe correlación entre la suma de los incrementos en porcentaje de lluvia y brillo solar para cada 10 días (10 días antes de la siembra hasta los 10 días que abarcan la cosecha para un total de 100 días) y la producción de frijol.

RESUMEN

Se estudiaron las épocas de siembra del frijol en la zona de Alajuela durante el período agosto-febrero de 1973, a fin de determinar sus exigencias climáticas.

Se utilizó la variedad Janapa-N. Se tomaron sólo 13 tratamientos (del N° 14 al N° 26) del bloque al azar con 36 tratamientos y 4 repeticiones que fue usado para investigar las exigencias climáticas del cultivo del frijol durante todo un año. Cada tratamiento correspondió a una época de siembra, con intervalos de 10 días entre ellas, a partir del 9 de agosto hasta el 7 de diciembre. Las mejores épocas resultaron ser octubre 8, octubre 18, agosto 9, setiembre 8 y setiembre 28. La peor época noviembre 17. Según el análisis de la variancia y la agrupación de Duncan al 5%, excluyendo agosto 9, se concluye que las mejores épocas de siembra estuvieron comprendidas entre inicios de setiembre y mediados de octubre.

Las condiciones climáticas que requiere el cultivo del frijol durante todo su ciclo son diferentes a las exigidas por él en las diversas fases de su ciclo vegetativo (germinación, crecimiento, floración, fructificación y cosecha). Así se tiene que la producción se vió favorecida por la temperatura mínima y la humedad relativa; mientras la altura de las plantas a la floración por la temperatura mínima, la humedad relativa, la lluvia de noche, las horas de lluvia de día, los días con menos de 1 hora y los días de 1 a 10 horas de brillo solar.

El cultivo del frijol es exigente a la temperatura mínima (más de 17.0 °C); a la oscilación de las temperaturas extremas (menos de 10.5 °C); a la evaporación (menos de 4.7 mm); a la velocidad del viento dominante (menos de 11.5 km/hora); a la humedad relativa (más de 85.5%) y a la radiación solar (menos de 412.8 cal/cm²/día), todos son valores medios diarios. No se encontró respuesta de la producción de frijol a otra variable meteorológica.

Velocidad, media diaria, mayor de 11.5 km/hr. del viento dominante determina una reducción en el tamaño de las plantas y por ende de la producción.

Se estableció para las condiciones del presente ensayo, que no existen correlaciones significativas entre la producción del frijol y la suma de los porcentajes de la lluvia y del brillo solar cada diez días, desde los diez días antes de la siembra hasta los diez días que abarca la cosecha, para las diferentes épocas de siembra.

APENDICE

Cuadro 16

Lista de las variables agronómicas y climáticas
correlacionadas

Variable	Media	Desv-Stand
X1 Plagas (%)	20.96	8.02
X2 Roya (%)	30.03	7.95
X3 Mancha Angular (%)	9.52	6.51
X4 Ernwina (%)	10.19	8.60
X5 Volcamiento (%)	4.27	6.15
X6 Telaraña	5.96	6.93
X7 Ratas (%)	3.52	7.12
X8 Daños por Viento (%)	8.75	9.57
X9 Rendimientos (Kgr/Ha)	536.59	284.03
X10 Grano Dañado (%)	5.88	5.28
X11 Altura plantas floración (cm)	27.63	7.54
X12 Número plantas cosechadas	87.75	12.88
X13 Temp. Ambiente (°C)	2024.70	31.58
X14 Temp. Máxima (°C)	2730.03	49.41
X15 Temp. Mínima (°C)	1652.42	108.27
X16 Oscilación Máxima - Mínima (°C)	1039.61	99.79
X17 Evaporación (mm)	471.47	94.61
X18 Radiación Solar (cal/cm ² día)	41435.69	2590.77
X19 Velocidad Viento D (Km/h)	1048.46	538.13
X20 Humedad Relativa (%)	8828.12	380.20
X21 Lluvia Total (mm)	577.25	341.51
X22 Lluvia de día (mm)	389.19	235.01
X23 Lluvia de noche (mm)	188.00	108.40
X24 Horas de Lluvia de día	149.30	82.93
X25 Horas de Lluvia de noche	133.84	82.47
X26 Brillo Solar total (horas acumuladas)	594.43	135.48
X27 Días con menos de 1 hora de Brillo Solar	8.07	3.42
X28 Días de 1 a 10 horas de Brillo Solar	77.92	5.60
X29 Días con más de 10 horas de Brillo Solar	14.07	8.90

Cuadro 18
 Matriz de correlación de las variables del Cuadro 17
 (r=0.55, al 5%, para 11 grados de libertad)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉			
X ₁	1.00																															
X ₂	0.87	1.00																														
X ₃	-0.72	-0.82	1.00																													
X ₄	-0.77	-0.62	0.95	1.00																												
X ₅	-0.55	-0.61	0.26	0.47	1.00																											
X ₆	0.07	0.23	-0.24	-0.21	-0.29	1.00																										
X ₇	0.89	0.75	-0.81	0.49	-0.83	-0.40	1.00																									
X ₈	-0.74	-0.69	0.44	0.42	0.42	0.66	0.11	1.00																								
X ₉	0.00	0.02	0.42	0.42	-0.21	-0.21	0.00	-0.34	1.00																							
X ₁₀	-0.78	-0.88	0.39	0.42	0.59	0.56	0.40	-0.54	0.66	1.00																						
X ₁₁	-0.56	-0.41	0.28	0.34	0.15	0.04	0.32	-0.34	0.57	-0.32	1.00																					
X ₁₂	0.73	0.88	-0.92	-0.94	-0.42	-0.64	0.35	0.82	-0.46	-0.41	-0.44	-0.21	1.00																			
X ₁₃	0.74	0.80	-0.88	-0.88	-0.45	-0.65	0.38	0.76	-0.48	-0.21	-0.65	-0.23	0.88	1.00																		
X ₁₄	-0.89	-0.74	0.80	0.83	0.44	0.66	0.30	0.46	0.61	-0.19	0.75	0.47	-0.87	-1.00	1.00																	
X ₁₅	0.88	0.76	-0.88	-0.88	-0.47	-0.72	0.12	0.88	-0.51	-0.19	-0.72	-0.36	0.92	0.94	-0.92	1.00																
X ₁₆	0.87	0.87	-0.86	-0.86	-0.48	-0.69	0.12	0.89	-0.36	-0.15	-0.72	-0.36	0.89	0.95	-0.92	0.98	1.00															
X ₁₇	0.83	0.87	-0.73	-0.68	-0.46	-0.69	0.11	0.82	-0.35	-0.24	-0.60	-0.32	0.73	0.90	-0.87	0.92	0.98	1.00														
X ₁₈	0.86	0.76	0.89	0.88	0.49	0.47	-0.18	0.90	-0.35	0.26	0.68	0.32	0.95	-0.94	-0.92	0.98	0.97	0.98	1.00													
X ₁₉	-0.87	-0.76	0.89	0.88	0.38	0.67	-0.18	-0.83	0.35	0.46	0.51	0.33	-0.96	-0.86	0.84	-0.92	-0.88	-0.90	-0.90	1.00												
X ₂₀	-0.76	-0.68	0.88	0.88	0.38	0.67	-0.18	-0.83	0.35	0.46	0.51	0.33	-0.96	-0.86	0.84	-0.92	-0.88	-0.90	-0.90	0.98	1.00											
X ₂₁	-0.72	-0.68	0.87	0.87	0.35	0.60	-0.30	-0.82	0.35	0.50	0.46	0.31	-0.95	-0.83	0.81	-0.89	-0.85	-0.89	-0.82	-0.92	0.92	1.00										
X ₂₂	-0.82	-0.74	0.88	0.91	0.43	0.70	-0.23	-0.86	0.46	0.38	0.60	0.35	-0.96	-0.90	0.80	-0.89	-0.85	-0.89	-0.82	-0.92	0.92	0.99	1.00									
X ₂₃	-0.79	-0.71	0.89	0.92	0.44	0.71	-0.28	-0.87	0.45	0.37	0.56	0.30	-0.97	-0.90	0.88	-0.96	-0.93	-0.82	-0.97	0.97	0.98	0.98	1.00									
X ₂₄	0.79	0.64	0.85	0.79	0.32	0.82	-0.21	-0.83	0.46	0.16	0.53	0.28	-0.86	-0.85	0.87	-0.96	-0.93	-0.81	-0.91	0.91	0.91	0.84	0.82	0.87	1.00							
X ₂₅	0.88	0.74	-0.84	-0.84	-0.48	-0.74	-0.13	0.86	-0.54	-0.19	-0.74	-0.26	0.90	-0.95	-0.92	0.99	-0.98	-0.93	-0.93	-0.92	-0.91	-0.88	-0.85	0.87	1.00							
X ₂₆	0.88	-0.72	0.78	0.76	0.59	0.77	-0.13	0.83	0.54	0.16	0.73	0.24	-0.87	-0.93	0.88	-0.95	-0.98	-0.93	-0.93	-0.95	-0.95	-0.86	-0.83	0.81	0.82	1.00						
X ₂₇	0.81	-0.89	0.85	0.84	0.21	0.53	-0.01	-0.85	0.49	0.11	0.67	0.28	-0.81	-0.89	0.86	-0.92	-0.94	-0.94	-0.91	-0.89	0.91	0.83	0.80	0.87	0.80	0.80	1.00					
X ₂₈	0.83	0.85	-0.85	-0.83	-0.21	-0.64	0.06	-0.83	-0.52	-0.16	-0.72	-0.20	0.85	0.94	-0.89	0.96	-0.94	-0.91	-0.89	0.94	-0.95	-0.86	-0.84	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81	1.00				
X ₂₉	0.81	0.82	0.85	0.83	0.28	-0.64	0.06	-0.83	-0.52	-0.16	-0.72	-0.20	0.85	0.94	-0.89	0.96	-0.94	-0.91	-0.89	0.94	-0.95	-0.86	-0.84	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81	1.00			

Cuadro 18

Lista de las variables agronómicas correlacionadas con la
suma de los incrementos en porcentaje, de la lluvia
y el brillo solar acumulados cada 10 días

Variable	Media	Desv-Stand
X1 10 días antes de la siembra	25.95	8.79
X2 A la siembra (10 días) (1)	25.00	7.24
X3 A los 20 días después de la siembra (1)	21.97	7.30
X4 A los 30 días después de la siembra (1)	20.64	6.77
X5 A la floración (10 días) (1)	19.20	5.54
X6 A los 50 días después de la siembra (1)	16.53	6.43
X7 A los 60 días después de la siembra (1)	17.34	4.69
X8 A los 70 días después de la siembra (1)	17.77	4.19
X9 A los 80 días después de la siembra (1)	17.63	3.85
X10 A la cosecha (10 días) (1)	18.00	3.86
X11 Plagas (%)	20.96	8.02
X12 Roya (%)	30.03	7.95
X13 Mancha Angular (%)	9.52	6.51
X14 Erwinia (%)	10.19	8.60
X15 Volcamiento (%)	4.27	6.15
X16 Telaraña (%)	5.96	6.93
X17 Ratas (%)	3.52	7.12
X18 Daño Viento (%)	8.75	9.57
X19 Producción (Kgr/Ha)	536.59	284.03
X20 Grano Dañado (%)	5.88	5.28
X21 Altura plantas floración (cm)	27.63	7.54
X22 Número plantas cosechadas	87.75	12.88

(1) Suma de los incrementos en porcentaje, de la lluvia y el brillo solar acumulado ...

Cuadro 21.
Matriz de correlación de las variables del Cuadro 20
($r=0,55$, al 5%, para 11 grados de libertad)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	
X ₁	1,00																						
X ₂	0,49	1,00																					
X ₃	0,47	0,38	1,00																				
X ₄	0,44	0,18	0,28	1,00																			
X ₅	0,35	0,50	0,02	-0,13	1,00																		
X ₆	0,32	-0,46	-0,31	0,07	-0,16	1,00																	
X ₇	-0,12	0,30	0,23	-0,13	-0,16	-0,23	1,00																
X ₈	-0,07	-0,46	0,23	-0,22	-0,08	-0,22	-0,02	1,00															
X ₉	-0,87	0,23	0,13	0,36	0,01	-0,29	-0,22	-0,02	1,00														
X ₁₀	-0,34	-0,12	-0,13	-0,08	0,22	-0,09	0,01	-0,23	0,17	1,00													
X ₁₁	0,01	-0,12	-0,25	-0,09	-0,14	0,17	-0,14	0,08	0,42	0,60	1,00												
X ₁₂	0,17	0,01	-0,32	0,32	0,31	0,16	-0,20	0,17	0,46	0,46	0,87	1,00											
X ₁₃	-0,20	-0,02	0,43	0,36	0,16	0,17	-0,07	-0,23	0,05	-0,43	0,72	0,52	1,00										
X ₁₄	-0,32	0,02	0,43	0,28	0,15	0,05	-0,05	-0,04	-0,04	-0,50	-0,77	-0,83	0,81	1,00									
X ₁₅	0,00	0,09	0,44	-0,03	0,15	0,20	0,40	-0,33	-0,38	-0,09	-0,58	-0,81	0,28	0,29	1,00								
X ₁₆	0,25	0,40	0,06	-0,30	-0,39	-0,45	0,08	-0,26	0,19	-0,02	0,07	0,23	-0,26	-0,25	-0,09	1,00							
X ₁₇	-0,07	0,19	0,29	-0,12	-0,33	-0,12	0,03	0,47	0,62	0,02	0,89	0,75	-0,81	0,83	0,40	0,94	1,00						
X ₁₈	0,13	0,12	0,20	0,12	0,00	-0,22	-0,00	-0,23	0,35	-0,15	-0,26	0,69	0,44	-0,83	-0,40	-0,61	0,98	1,00					
X ₁₉	-0,32	-0,12	0,20	0,18	-0,07	0,09	0,05	0,21	0,41	-0,07	0,20	0,02	0,43	0,46	-0,46	-0,21	0,11	0,18	1,00				
X ₂₀	0,24	0,36	0,34	-0,16	-0,20	-0,22	0,30	-0,13	-0,53	-0,64	-0,78	-0,68	0,87	0,42	-0,21	-0,00	0,39	0,11	0,46	1,00			
X ₂₁	0,07	0,28	0,21	-0,18	-0,18	-0,21	0,02	0,17	-0,20	-0,25	-0,34	-0,43	0,81	0,42	0,33	0,20	0,20	0,21	0,18	0,07	1,00		
X ₂₂	0,07	0,28	0,21	-0,18	-0,18	-0,21	0,02	0,17	-0,20	-0,25	-0,34	-0,43	0,81	0,34	0,15	0,04	0,32	-0,34	0,57	0,01	0,50	1,00	

LITERATURA CITADA

- 1- Allard, R.W. y Zaumeyer, W.S. Responses of beans (Phaseolus) and other legumes to length of day. U.S.A. Department of Agriculture, Technical Bulletin N° 867. 24 p.
- 2- Arias, E. Ensayo sobre la producción mecanizada del frijol bajo riego y su costo en Parrita. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 1972 (Cita de cita).
- 3- Bagley, W.T. Response of tomatoes and beans to windbreak shelter. Journal of Soil and Water Conservation. 19 (2): 71-73. 1964.
- 4- Biebel, J.P. Some effects of radiant energy in relation to etiolation. Plant Physiology 17 (3): 317-326. 1942.
- 5- Box, J.M. Leguminosas de grano. Barcelona, España, Salvat. 1961. 550 p.
- 6- Cardona, Camacho, L.B. y Orozco, S.H. Diacol Nima, Variedad mejorada de frijol, Colombia. Departamento de Investigación Agropecuaria. Boletín Divulgativo N° 8. 1959. 24 pp.
- 7- Davis, J.R. The effect of some environmental factors on the set pods and yield of white pea beans. Journal of Agricultural Research 70:237-249. 1945.
- 8- Dale, J.E. Leaf growth in Phaseolus vulgaris. Annuals of Botany (n.s.) 29 (114): 293-308. 1965.
- 9- Drijfhout, E. Influence of temperature on string formation of beans (Phaseolus vulgaris) Euphytica 19 (2): 145-151. 1970.
- 10- Dubetz, S. y Mahalle, P.S. Effects of soil water stresses on bush beans (Phaseolus vulgaris) at three stages of growth. Journal of the American Society for Horticultural Science 94 (5): 479-481. 1969.
- 11- Fernández, H.R. y Vives F., L.A. Descripción gráfica del clima de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. Boletín Técnico 4 (3). Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M., Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

- 12- Ministerio de Agricultura y Ganadería y Facultad de Agronomía. Frijol. Manual de Recomendaciones. Universidad de Costa Rica. 1968.
- 13- García, J. Zonificación de Phaseolus vulgaris en función de su régimen hídrico. Agronomía Tropical 19 (3): 197-203. 1969.
- 14- Jones, P.C.T. The affect of light, temperature, and anaesthetics on ATP levels in the leaves of Chenopodium rubrum and phaseolus vulgaris. Journal of experimental Botany 21 (66): 50-63. 1970.
- 15- Servicio Shell para el Agricultor. Leguminosas. Venezuela, Serie A N° 34 1971. 56 p.
- 16- Magalhães A.C. y Montojos, J.C. Effects of solar radiation on the growth parameters and yield of two varieties of common beans (Phaseolus vulgaris L.)
- 17- Ministerio de Agricultura y Ganadería. Guía Agrícola. Venezuela. 1969.
- 18- Ojeda, O.V. Exigencias climáticas de la siembra del Phaseolus vulgaris L. durante abril-julio. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 1974.
- 19- O'Leary, J.W. y Knecht, G.N. The effects of relative humidity on growth, yield and water consumption of bean plants. Journal of the American Society for Horticultural Sc 96 (3): 262-265. 1971.
- 20- Ortega, S. Zonificación del frijol en Venezuela. Agronomía Tropical 17 (3) 153-161. 1967.
- 21- Papadakis, J. Ecología de los cultivos. Traducida del Inglés por Alberto Soriano. Buenos Aires, Argentina MAG. 1954. 461 p.
- 22- Pinchinat, A.M. El cultivo del frijol en Centroamérica. Extensión de las Américas 11 (2) 27-32. 1966.
- 23- _____! Factores limitantes en el cultivo del frijol en Centroamérica. In. Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de cultivos Alimenticios. Panamá. 1965. 69 p.
- 24- _____. Lista de las Introducciones de Frijol (Phaseolus vulgaris) y otras leguminosas del IICA-CEI, IICA, Turrialba, Costa Rica. 1970.
- 25- Pappaport, L. y Carolus, R.L. Effects of night temperature at different stages of development on reproduction in the lima bean. Proceeding of the American Society for Horticultural Sc. 67: 421-428. 1956.

- 26- Saenz, A. El frijol común. San José, Universidad de Costa Rica. 1962. 108 p.
- 27- _____ y Vives F. L.A. Estudio estadístico matemático del clima del Valle Central de Costa Rica. Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. Serie Agronomía N°5. Ed. Universitaria Rodrigo Facio. 1963.
- 28- Singh, J.N. Effects of modifying the environment on flowering fruiting and biochemical composition of the snapbean (Phaseolus vulgaris L.) Dissertation abstracts 25 (2): 744. 1964.
- 29- Skimore, E.L. Wind and sandh last injuri to seedlings green beans. Agronomy Journal 58 (3): 311-315. 1966.
- 30- Smith, F.L. y Pryor. Effects of maximum temperature age on flowering and seed production in three beans varieties. Hilgardia 33 (12) 1669-689. 1962.
- 31- Stobbe, E.L., Ormerod, D.P. y Wooley, C.J. Blossoming and fruit set patterns in Phaseolus vulgaris L. as influenced by temperature. Canadian Journal of Botany 44 (6): 813-819. 1966.
- 32- Vives F. L.A. Método del Balance Pluvio-Solar. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M., Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. (Comunicación Personal).
- 33- _____. Tabulación para uso agrícola de los datos climatológicos de Costa Rica. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 1971.
- 34- _____. Vientos de Superficie en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M., Boletín Técnico 5 (6); Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M., Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 1972. 26 p.

W.O. Jiménez S.
10 mayo 1974

FE DE ERRATAS

<u>Página</u>	<u>Dice</u>	<u>Leáse</u>
41	Cuadro 18	Cuadro 17
41	Matriz de correlación..del Cuadro 17	Matriz...del Cuadro 16
43	Cuadro 21	Cuadro 19
43	Matriz de correlación..del Cuadro 20	Matriz...del Cuadro 18