

EXIGENCIAS CLIMATICAS DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)

Hernán Rauseo Montenegro¹

Luis A. Vives Fernández²

Abigaíl Chacón Zúñiga³

Introducción

El frijol es imprescindible en la mesa del costarricense, ya que es la principal fuente proteica de su dieta. Sin embargo, en los últimos años la diferencia entre el consumo y la producción se ha venido haciendo cada vez más grande, lo que ha motivado altas importaciones del grano.

Se dice a veces que Costa Rica no tiene zonas adecuadas para una producción rentable de frijol, pero en realidad lo que sucede es que no se han estudiado sus exigencias a las condiciones del medio ambiente.

El presente trabajo constituye la culminación de las investigaciones iniciadas por Ojeda (21) y Uzcátegui (33) y pretende establecer dichas exigencias climáticas en la zona de Alajuela, para definir su mejor época de siembra.

Revisión de Literatura

La temperatura óptima está entre 18 °C y 24 °C (3,4, 18, 28). El área foliar es el doble a 25 °C en comparación con la obtenida a 15 °C (10).

¹Ingeniero Agrónomo

²Cátedrático de la Universidad de Costa Rica

³Ingeniero Agrónomo del Programa Cooperativo en Investigaciones Agrometeorológicas U.C.R.-M.A.G.

En cuanto a temperaturas críticas, Jones (14) indica que a 10 °C no ocurre crecimiento. Mateo (19) apunta además que se necesita como mínimo 8 °C para germinar, 15 °C para florecer y 17 °C para madurar.

Varios autores concuerdan en que las altas temperaturas pueden reducir el número de vainas, al disminuirse el cuaje de las flores (7, 11, 15, 17, 23, 31).

En cuanto a temperatura del suelo, algunos autores (16, 29, 30) indican que entre 24° y 29.5 °C hay crecimiento, mayor número de flores y mayor peso de las vainas. A menos de 15 °C en solución nutritiva, las raíces tuvieron dificultad para absorber agua (37).

Aguirre y Salas (1) establecieron que el frijol se desarrolla bien en lugares donde la precipitación oscila entre 500 y 2000 mm. anuales. Otros, (5, 9, 15) indican un valor favorable de 300 a 400 mm. durante el ciclo del cultivo; Gorúa (13) establece de 200 a 350 mm.

Períodos de sequía 15 días antes de la floración; 15 días antes del inicio de la maduración; y una vez iniciada la maduración, reducen los rendimientos (27).

Para obtener un producto de alta calidad no debe llover durante el período de maduración (25, 34).

El fotoperíodo no es tan limitante, ya que la planta es bastante flexible en cuanto a sus requerimientos de luz (2). Sólo hay respuestas a él si la temperatura del día y la noche son diferentes (6) señala que el fotoperíodo largo retarda la floración, en comparación con el corto.

Materiales y metodos

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

Se utilizó frijol Jamapa N, que presenta un rendimiento medio de 1769 Kg/ha. (12).

Este ensayo utilizó un bloque al azar con 36 tratamientos (época de siembra) y 4 repeticiones.

Los tratamientos 1 al 13 y 14 al 26 fueron estudiantes por Ojeda (21) y Uzcátegui (33) respectivamente. Se presenta aquí el análisis e interpretación de los resultados de todos los 36 tratamientos. Las siembras se realizaron desde el 1º de abril de 1973 hasta el 17 de marzo de 1974, en parcelas de 6 por 2 m. con cuatro surcos espaciados a 0.5 m., dejando 1 m. entre bloques y parcelas. Para el análisis estadístico se excluyeron los bordes, 0.5 m. de cada lado y los surcos laterales, quedando como área efectiva 5 m².

La siembra se realizó en forma manual colocando 100 semillas por surco para ralear al mes y dejar 60 plantas, o sea una densidad de 200.000 plantas por hectárea.

A la siembra se fertilizó con 460 Kg/ha de la fórmula 10-40-10. Se desyerbaron las parcelas a la siembra y aproximadamente a los 40 días. El riego se aplicó por gravedad, calculándose la lámina de agua aplicada por el método de la parcela testigo. La recolección de las plantas se realizó en forma manual a los 90 días.

En el campo se tomaron cada diez días los datos de altura de plantas, altura y fecha de floración; incidencia de plagas y enfermedades, volcamiento y daño mecánico causado por el viento, número de plantas cosechadas y porcentaje de grano dañado.

Los datos climáticos evaluados fueron la temperatura media y extremas del aire y su oscilación; radiación solar, humedad relativa; evaporación; velocidad del viento dominante; precipitación total, diurna y nocturna; duración de la lluvia total, diurna y nocturna; brillo solar; y la frecuencia de días con menos de 1 hora, más de 10 horas y más de 1 hora pero menos de 10 horas de brillo solar. La evaluación de éstos se realizó en base a valores parciales cada diez días y a totales acumulados.

El período diurno es aquel que va de las 06:00 a las 18:00 horas y el nocturno de las 18:00 a las 06:00 horas.

Para el cálculo de desviación del clima prevaleciente durante el ensayo en comparación con el clima promedio de la zona, se utilizó un registro de diez años (35).

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

Resultados

Durante la época seca de 1973 se aplicó una lámina de 160.7 mm. distribuidos en seis riegos, mientras que en la de 1974 se aplicaron 179.8 mm. en 10 riegos. Estas columnas se agregaron a la lluvia.

Las correlaciones entre los rendimientos y el resto de los factores agronómicos, da los siguientes hechos. La incidencia de roya presentó correlación significativa negativa entre los 30 y 50 días; el ataque de insectos presentó la misma correlación pero entre los 30 y 60 días; por el contrario, el volcamiento mostró correlaciones positivas entre los 40 y 80 días; para la altura de las plantas cada 10 días se encontró correlación positiva a los 10, 50, 60, 70 y 80 días, y negativa a los 20 días.

No hubo correlaciones significativas con ataque de ácaros, incidencia de *Isariopsis grissola*, mancha angular, *erwinia* sp. *Thenatephorus cucumeris* telaraña; tampoco con daño por viento, altura a la floración, número de plantas cosechadas y porcentaje de grano dañado.

En el Cuadro 1 aparecen los resultados del análisis de variancia encontrándose diferencias altamente significativas entre los tratamientos, tanto para los rendimientos como para el porcentaje de grano dañado, al tura de la planta a la floración y número de plantas cosechadas. En el Cuadro 2 se muestra el agrupamiento de las 36 épocas de siembra según la prueba de Duncan (5%) y el reagrupamiento en categorías, en base a los rendimientos.

De los elementos climáticos acumulados cada diez días, que presentaron correlaciones positivas significativas con los rendimientos, se tiene el brillo solar hasta los 40 días; oscilación de temperatura hasta los 50 días; evaporación hasta los 60 días; temperatura media y máxima duran te todo el ciclo del cultivo y temperatura mínima desde los 60 días en adelante. En cuanto a las correlaciones negativas se tiene que duración total y duración diurna de la lluvia lo fueron hasta 20 días y la hume dad relativa hasta los 60 días.

El diagrama de correlaciones entre la altura de las plantas cada diez días y los factores climáticos acumulados cada diez días muestra lo siguiente. Para las correlaciones positivas significativas, se tiene que evaporación lo fue hasta los 20 días; temperatura media hasta los 30 días; radiación y tempertura máxima hasta los 40; temperatura mínima entre los 10 y 80; precipitación total (0-24 horas) y diurna entre 40 y 80; precipi tación nocturna, duración de la lluvia total (0-24 horas) y diurna, días con 1 a diez horas de brillo solar y días con menos de una hora de brillo solar, lo fueron entre los 70 y 80 días,

CUADRO 1. Análisis de la variancia de los rendimientos, porcentaje de grano dañado, altura de las plantas a la floración y número de plantas cosechadas.

Rendimientos				Porcentaje de grano dañado		Altura de plantas a floración		Número de plantas cosechadas	
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	S.C.	C.M.	S.C.	C.M.	S.C.	C.M.
Rep.	3	384560.9	128187.0	N.S.	436.7	145.6	254.6	84.9	9.3
Trat.	35	28471275.9	813465.3	**	14386.2	411.0	5242.4	149.8	90.5
Error	105	7031765.1	66969.2		2293.9	21.9	1848.1	17.6	83.1
Tot	143	35887602.0			17116.7		7345.1		182.8
C.V. %		33.6			51.9		15.1		9.3

N.S No significativo

* Diferencia significativa (5%)

** Diferencia altamente significativa (1%)

CUADRO 2. Rendimiento del frijol por época de siembra, agrupado según Duncan (5%) y su reagrupación por categorías.

Epoca de siembra	Kg/ha al 12% humedad	Agrupación según Duncan (5%)	Agrupamiento por Categorías
Abril 1	2120.8		Nº1
Abril 21	2030.3		
Abril 11	1576.0		Nº2
Enero 16	1249.6		
Mayo 1	1156.4		Nº3
Dic 27	1151.4		
Enero 6	1067.4		
Oct. 8	1058.9		
Dic. 17	899.6		Nº4
Enero 26	897.5		
Oct. 18	860.7		
Mayo 21	841.9		
Agos. 9	822.0		
Set. 8	805.3		
Julio 10	796.3		
Feb. 5	757.8		
Mayo 31	748.1		Nº5
Junio 20	707.4		
Set. 28	688.9		
Marzo 17	644.0		
Junio 30	643.0		
Mayo 11	620.5		
Feb. 15	589.2		
Set. 18	568.0		
Agos 29	562.6		
Feb. 25	555.2		
Julio 20	524.5		
Marzo 7	511.9		
Octb. 28	430.3		
Julio 30	389.2		
Dic. 7	350.1		
Nov. 7	325.9		
Junio 10	274.3		
Agos 19	223.1		
Nov. 27	203.7		
Nov. 17	97.3		

Del diagrama de correlaciones entre el número de plantas cosechadas y los factores climáticos acumulados cada diez días, se deduce que para las correlaciones significativas positivas, evaporación lo fue desde los 20 días; radiación desde los 30 días; temperatura máxima desde los 60 días, y temperatura media desde los 70 días; por el contrario, oscilación, brillo solar, viento y días con más de 10 horas de brillo, lo fueron durante todo el ciclo del cultivo. En referencia a las correlaciones negativas, se nota que humedad relativa fue significativa desde los 30 días; días con 1 a 10 horas de brillo desde los 40 días al igual que duración de la lluvia de día; duración total de la lluvia desde los 50 días; precipitación total y precipitación de noche desde los 60 días; precipitación diurna desde los 70 días; duración de la lluvia de noche desde los 80 días; mientras que la temperatura mínima, dejó de serlo a los 60 días.

Del diagrama de correlaciones entre el volcamiento de las plantas y los factores climáticos acumulados cada diez días se concluyen lo siguiente: para las correlaciones positivas la temperatura mínima fue significativa durante todo el ciclo del cultivo; la precipitación total desde los 30 días; precipitación nocturna desde los 40 días al igual que precipitación de día y duración total de la lluvia; duración de la lluvia de noche y día con 1 a 10 horas de brillo desde los 50 días, al igual que duración de la lluvia de día; días con menos de 1 hora de brillo lo fue desde los 60 días; y humedad relativa desde los 80 días. En cuanto a las negativas, días con más de 10 horas de brillo lo fue desde los 40 días; velocidad del viento desde los 50 días; oscilación de temperatura y brillo solar desde los 60 días; mientras evaporación desde los 80 días.

Correlaciones entre el porcentaje de grano dañado y el clima, sólo se consideró su efecto para períodos individuales durante los últimos 30 días del ciclo vegetativo, ya que es durante este período que hay grano formado. Se encontraron así correlaciones posi-

tivas para precipitación (total y diurna), duración de la lluvia, humedad relativa, temperatura mínima y días con menos de 1 hora de brillo; y negativas para evaporación, radiación, temperatura (media, máxima y oscilación), brillo solar y días con más de 10 horas de brillo.

Discusión

Con la finalidad de determinar si las condiciones climáticas que prevalecieron durante el ciclo vegetativo de las diferentes categorías sufrieron variaciones con relación al clima promedio de la zona (1961-1970), se calcularon las desviaciones en porcentaje de los factores climáticos para el período abril 1973-junio 1974. En general se puede decir que el clima prevaleciente durante el ensayo, a excepción de la lluvia, fue "normal", pues la variación fue menor al diez por ciento. Estas desviaciones con respecto al clima normal, se considerarán al establecer las exigencias climáticas del cultivo.

En cuanto a las correlaciones entre los rendimientos totales y los demás factores agronómicos se tiene que la roya fue la única enfermedad que presentó correlación significativa. Esta enfermedad disminuye los rendimientos, cuando presenta ataques severos entre los 30 y 50 días; o sea 10 días antes y durante la floración.

Una correlación significativa negativa se encontró con el ataque de insectos, el cual puede afectar la producción si se intensifica entre los 30 y 60 días de edad del cultivo.

Para las demás enfermedades y ataque de ácaros, no se encontraron correlaciones significativas. Esto se debió a que la incidencia de estos factores fue muy baja o porque sólo se presentaron durante pequeños períodos a lo largo del tiempo de duración del estudio o con la misma intensidad durante el mismo.

Se encontró que a mayor volcamiento de la planta hay mayor producción, con correlaciones positivas entre los 40 y 80 días. Durante el período de maduración, se puede atribuir el volcamiento al peso de las vainas, no así con las correlaciones encontradas durante el período de floración, en donde cabría suponer un volcamiento debido al peso de la biomasa, partiendo del hecho de que a mayor biomasa mayor producción.

Con relación a la altura de las plantas tomada cada 10 días, su análisis muestra una tendencia significativa a los 10 y 20 días, positiva y negativa respectivamente; y además entre los 50 y 80 días, siendo ésta positiva. Es posible que el comportamiento de los primeros 20 días, sea el resultado de la dificultad en medir correctamente la altura, como consecuencia de que a esa edad las plantas son pequeñas y normalmente presentan altura variable. Por el contrario, entre los 50 y 80 días de edad, cuando ellas tienden a alcanzar una altura más uniforme, se nota claramente cómo a mayor tamaño de la planta, mayor es la producción!

No se encontraron correlaciones significativas entre los rendimientos con la altura de las plantas a la floración, número de plantas cosechadas, ni porcentaje de grano dañado. Sin embargo se encontró diferencias altamente significativas para estos factores entre sí, según Duncan al 5%.

Los resultados obtenidos con los datos acumulados, dan una imagen más clara de la dependencia de la planta al clima. Por esta razón es que para el trazado de los diagramas de correlación, no se utilizaron los datos de períodos individuales, sino los acumulados, considerándose estos últimos como base de la discusión, a excepción del porcentaje de grano dañado, en donde por aparecer éste en los últimos días del ciclo vegetativo, es más indicado el valor individual correspondiente a ese período de desarrollo y maduración del grano.

Así se tiene que la precipitación (total, diurna y nocturna) no presentó correlaciones significativas con la producción (Figura N°1), por lo que se puede decir que la lluvia no constituyó un factor limitante para el cultivo; hay que considerar que las láminas de riego fueron tomadas también como mm. de lluvia para su análisis. En el Cuadro 4, en donde se resumen las exigencias climáticas del frijol para los factores climáticos no significativos, se encontró para la lluvia total un promedio de 730 mm. durante el ciclo y para lluvia de día y de noche 536 mm. y 166 mm. respectivamente. Con estos valores se excede el ámbito de 300 a 400 mm citado por varios autores (5, 9, 25) como suficiente.

En cuanto a la duración de la lluvia se encontró significancia hasta los 20 días para la duración total y diurna, y hasta los 10 días para la duración nocturna. Estas correlaciones fueron negativas, pudiendo atribuirse este efecto a que la permanencia de las condiciones para la propagación de las enfermedades se ve favorecida.

Humedad relativa presentó correlaciones significativas negativas hasta los 60 días de edad del cultivo.

Evaporación presentó correlación positiva significativa hasta los 60 días.

Radiación solar presentó correlación significativa positiva hasta los 80 días.

La temperatura media resultó con correlaciones significativas positivas, al igual que la temperatura máxima, a lo largo de todo el ciclo del cultivo, mientras que la temperatura mínima fue significativa entre los 60 y 90 días.

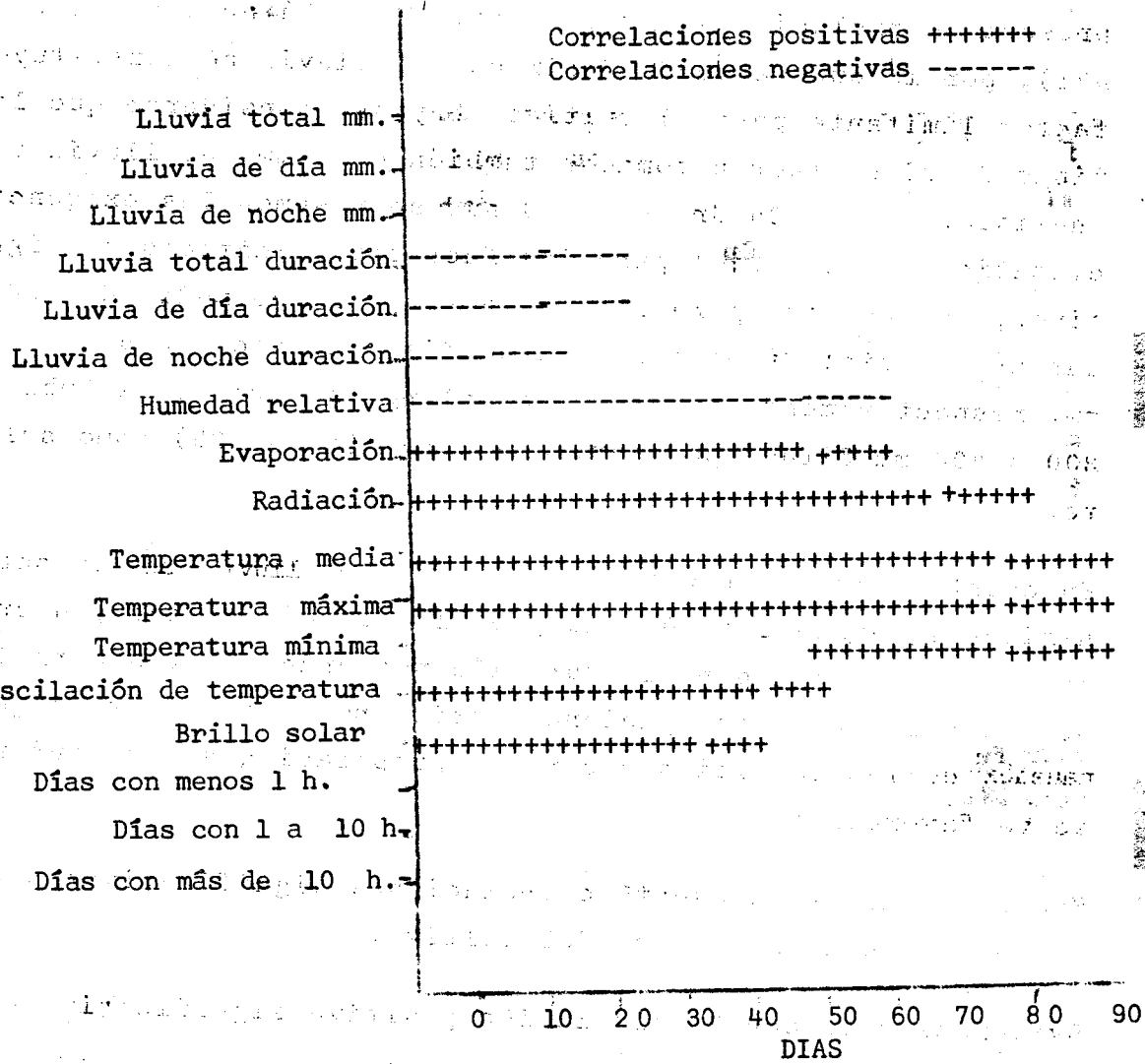


FIGURA 1. Períodos significativos de los factores meteorológicos acumulados, en relación con la producción total, durante el ciclo vegetativo.

Varios autores afirman que la temperatura óptima para el frijol está entre los 18.0 °C y 24.0 °C (3, 4, 19, 28). La oscilación de temperatura resultó significativa positiva hasta los 50 días de edad del cultivo, encontrándose un promedio de 11.6 °C para las mejores épocas durante el período de significancia.

Brillo solar también mostró correlación significativa positiva con la producción hasta los 40 días.

En los Cuadros 3 y 4 se resumen las condiciones climáticas por época de siembra para las diferentes categorías, hechas en base a los rendimientos.

En cuanto al porcentaje de grano dañado y sus correlaciones significativas con el clima, se deduce que los factores climáticos como son: precipitación, duración de la lluvia, humedad relativa, temperatura mínima y días con menos de ^{una} hora de brillo contribuyen a incrementar la humedad en las vainas en proceso de maduración, presenta correlaciones positivas. Por el contrario, se encontraron correlaciones negativas con evaporación, radiación solar, temperatura (media, máxima y oscilación), brillo solar, días con más de 10 horas de brillo y velocidad del viento; en esto se coincide con Vieira (34) y Pinchinat (24), quienes afirman que para cosechar un producto de buena calidad y para que no hayan pérdidas, es necesario que no llueva durante el período de maduración.

Conclusiones

Se encontraron diferencias altamente significativas para la producción entre las diferentes épocas de siembra, resultando ser las mejores las correspondientes a abril 1, abril 21, abril 11 y enero 16 con un promedio de 1744.2 Kg/ha y las peores junio 10, agosto 19, noviembre 17 con menos de 300 Kg/ha cada una.

CUADRO 3. Exigencias climáticas del frijol para los factores significativos.

Factor climático	Categoría	Período significativo		Período no significativo		Desviación del período 73-74 con respecto al promedio de la zona %
		Duración días	Valor medio	Duración días	Valor medio	
Temperatura Media $^{\circ}\text{C}$	1 y 2	0-90	21.2	--	--	- 5.8
	3	0-90	20.7			
	4	0-90	20.4			
	5	0-90	20.3			
Temperatura Máxima $^{\circ}\text{C}$	1 y 2	0-90	29.1	--	--	- 0.5
	3	0-90	28.3			
	4	0-90	27.7			
	5	0-90				
Temperatura Mínima $^{\circ}\text{C}$	1 y 2	60-90	17.7	10-50	18.0	
	3	60-90	16.8	10-50	17.1	-2.4
	4	60-90	17.2	10-50	17.2	
	5	60-90	17.1	10-50	17.2	
Oscilación de temperatura $^{\circ}\text{C}$	1 y 2	0-50	11.6	60-90	10.4	
	3	0-50	11.1	60-90	11.7	+2.0
	4	0-50	10.8	60-90	10.8	
	5	0-50	10.4	60-90	10.6	
Radiación Cal $\text{cm}^{-2}\text{día}^{-1}$	1 y 2	0-80	38310	90	4642	
	3	0-80	36714	90	4571	
	4	0-80	35458	90	4677	+12.5
	5	0-80	34968	90	4283	

CUADRO 3. Continuación

Factor climático	Categoría	Período significativo		Periodo no significativo		Desviaciones del período 73-74 con respecto al promedio de la zona %
		Duración días	Valor medio	Duración días	Valor medio	
Evaporación mm.	1 y 2	0-60	397	70-90	155	+ 6.1
	3	0-60	356	70-90	187	
	4	0-60	311	70-90	174	
	5	0-60	309	70-90	155	
Humedad relativa %	1 y 2	0-60	82.9	70-90	88.6	+ 15.2
	3	0-60	84.4	70-90	85.0	
	4	0-60	87.8	70-90	86.4	
	5	0-60	87.8	70-90	87.8	
Brillo solar Horas	1 y 2	0-40	312.7	50-90	293.9	+ 0.4
	3	0-40	277.5	50-90	366.4	
	4	0-40	246.7	50-90	322.5	
	5	0-40	238.0	50-90	311.1	
Lluvia total duración minutos	1 y 2	0-20	612.5	30-90	3404.8	+ 5.0
	3	0-20	1860.0	30-90	4447.8	
	4	0-20	2319.0	30-90	3742.8	
	5	0-20	1735.2	30-90	5992.4	
Lluvia de día duración minutos	1 y 2	0-20	450.0	30-90	6768.8	+ 62.3
	3	0-20	1185.0	30-90	3742.8	
	4	0-20	2319.0	30-90	5350.4	
	5	0-20	1735.2	30-90	5992.4	
Lluvia de noche duración minutos	1 y 2	0-10	61.3	20-90	1651.3	+ 112.2
	3	0-10	150.0	20-90	1230.0	
	4	0-10	255.0	20-90	1608.9	
	5	0-10	245.8	20-90	1581.8	

CUADRO 4. Exigencias climáticas del frijol para los factores no significativos

Factor climático	Valores absolutos			Promedio por época de siembra	Desviaciones del período 73-74 con respecto al promedio de la zona %
	Máxima	Mínima	Oscilación		
Lluvia total mm.	1367	154	1213	730	+ 41.1
Lluvia de día mm.	1119	121	998	536	+ 65.3
Lluvia de noche mm.	343	4	339	166	+140.0
Días con menos de 1 hora de brillo	13	0	13	7	+ 13.5
Días con 1 a 10 horas de brillo	90	54	36	77	+ 4.7
Días con más de 10 horas de brillo	45	2	43	16	+ 12.8

El clima prevaleciente durante el ensayo fue "normal", a excepción de la lluvia, la cual presentó un incremento considerable en relación con el clima promedio de la zona (1961-1970).

Alta incidencia de roya entre los 30 y 50 días de edad del cultivo, disminuye los rendimientos al igual que el ataque fuerte de insectos entre los 30 y 60 días.

La altura de las plantas muestra correlación positiva con los rendimientos entre los 50 y 80 días del ciclo vegetativo.

No existen correlación entre la producción y la altura de las plantas, a la floración, número de plantas cosechadas y porcentaje de grano dañado.

La producción vs. el clima muestra las siguientes respuestas significativas: correlación negativa para duración de la lluvia de noche hasta los 10 días; correlación negativa para la duración de la lluvia de día y lluvia total hasta los 20 días; correlación positiva con el brillo solar hasta los 40 días; correlación positiva con la oscilación de temperatura hasta los 50 días; correlación negativa con la humedad relativa y positiva con la evaporación hasta los 60 días; correlación positiva con radiación solar hasta los 80 días; correlación positiva con la temperatura media y la temperatura máxima durante todo el ciclo del cultivo; y correlación positiva con la temperatura mínima entre los 60 y 90 días de edad del cultivo.

En el Cuadro 3 se resumen las exigencias climáticas halladas para el frijol en general, en base a los diagramas de correlación, y sus valores absolutos para las zonas que tengan condiciones climáticas parecidas o iguales a las reinantes en la Estación Experimental Agrícola Fabio Paudrit M.

En el Cuadro 4 se resumen los valores normales de los factores climáticos no significativos, definiéndose como tales a aquellos que no resultando significativos al 5%, son por el contrario, adecuados para el cultivo del frijol.

La humedad en el campo y la disponibilidad de agua suficiente por parte de la planta, favorecen el mayor crecimiento de ésta. Por el contrario la excesiva humedad en el área del cultivo disminuye el número de plantas cosechadas.

Períodos lluviosos, húmedos, con baja temperatura, radiación y horas de sol durante la maduración de las vainas, contribuyen a aumentar el porcentaje de grano dañado.

Resumen

Se realizó el trabajo en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M., localizada en Alajuela, Costa Rica, para estudiar las exigencias climáticas del frijol (Phaseolus vulgaris L.) durante un año.

Las siembras se realizaron desde abril 1 de 1973 hasta marzo 17 de 1974, con 10 días de separación entre ellas. Del análisis estadístico resultaron como mejores épocas de siembra abril 1, abril 21, abril 11 y enero 16, para la producción. Las épocas de menor porcentaje de grano dañado fueron enero 16, enero 26, octubre 28, enero 6 y diciembre 27.

Se encontró que la alta incidencia de roya entre los 30 y 50 días de edad del cultivo y el ataque fuerte de insectos entre los 30 y 60 días, son perjudiciales para los rendimientos.

No se encontró correlación entre la producción vs. la altura de las plantas a la floración, el porcentaje de grano dañado y el número de plantas cosechadas.

La producción presentó correlaciones significativas con los factores climáticos. Así, se tiene que fueron positivas con evaporación, radiación solar, temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima, oscilación de temperatura y brillo solar; y negativas con duración de la lluvia (total, diurna y nocturna) y humedad relativa.

Se encontró que la disponibilidad de agua suficiente para la planta, favorece el mayor crecimiento; que la humedad excesiva en el área de cultivo disminuye el número de plantas cosechadas; que el volcamiento se ve favorecido por el exceso de humedad en el suelo y por el peso de las vainas; y que períodos lluviosos, húmedos, con baja temperatura, radiación y horas de sol durante la maduración de las vainas contribuyen a aumentar el porcentaje de grano dañado.

Literatura citada

- 1- Aguirre, J.A. y Salas, J. Zonificación del Cultivo del Frijol en Centroamérica y Panamá. Turrialba 15(4): 300-306. 1965.
- 2- Allard, H.A. y Zaumeyer, W.J. Response of beans (Phaseolus) and other legumes to length of day. U.S. Department of Agriculture. Technical Bulletin N° 867. 1944. 24 p.
- 3- Andersen, A.L. Dry bean production in the Eastern States. U.S. Department of Agriculture. Farmers' Bulletin N° 2083. 1955. 28 p.
- 4- Borwell, V.R. y Jones, H.A. Climate and Vegetable Crop. In Climate and Man. 1941. Yearbook of Agriculture, Department of Agriculture, Washington D.C. 1941. p 373-399.
- 5- Cardona, C., Camacho, L.H. y Orozco, S.H. Diacol Nima, variedad mejorada de frijol. Colombia. Departamento de Investigación Agropecuaria. Boletín de Divulgación N° 8. 1959. 24 p.
- 6- Coyne, D.P. Genetics of photoperiodism and the effect of temperature on the photoperiodic response for time of flowering in Phaseolus vulgaris L. varieties. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 89: 350-360. 1966.
- 7- ----- . Effect of temperature on pod set of varieties of Phaseolus vulgaris L. in Bean Improvement Cooperative. Annual Report N° 11. 1968. pp. 16-17.
- 8- Coyne, D.P. Genetic control of a photoperiod temperature response for time of flowering in beans (Phaseolus vulgaris L.) Crop Science 10 (3): 246-248. 1970.
- 9- Cultivo de la canaota. Venezuela. Consejo de Bienestar Rural. Serie de Cultivos N° 10. 1966. 56 p.
- 10- ----- Leaf growth in Phaseolus vulgaris. II. Temperature effects and the light factors. Annals of Botany (n.s.) 29- (114): 293-308. 1965.
- 11- Davis, J.F. The effect of some environmental factors on the set of pods and yield of white pea beans. Journal of Agricultural Research 70 (7): 237-249. 1945.

- 12- Freytag, G.F. Variedades comerciales de frijol en Honduras. In Reunión Anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 11a, Panamá, Marzo 16-19. 1965.
- 13- García, J. Zonificación de Phaseolus vulgaris en función de su régimen hídrico. Agronomía Tropical (Venezuela) 19 (3): 197-203. 1969.
- 14- Jones, L.H. Adaptive responses to temperature in dwarf French beans, Phaseolus vulgaris L. Annals of Botany 35 (141): 581-596. 1971.
- 15- Knott, J.E. Beans, O. = Vegetable growing 5th ed. Philadelphia, Lee & Febiger, 1955. pp 286-296.
- 16- Mack, H.J., Fang, S.C. y Apple, S.B. Effects of soil temperature and phosphorus fertilization on snap beans and peas. American Society for Horticultural Science. Proceedings 84: 332-338. 1964.
- 17- _____ y Sing- J.N. Effects of high temperature on yield and carbohydrate composition of bush snap beans. Journal of the American Society for Horticultural Science 94 (1): 60-62. 1969.
- 18- Martín, J.H. y Leonard, W.H. Principles of field crop production. New York, McMillan Co., 1949. 1176 p
- 19- Mateo, J.M. Leguminosas de grano. Barcelana, Salvat Ed. S.A. 1961. 550 p.
- 20- Mendoza, M.D. Informe del Proyecto Cooperativo del Frijol en Guatemala. In Reunión Anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 11a, Panamá, marzo 16-19. 1965.
- 21- Ojeda, V.A. Existencias climáticas del Phaseolus vulgaris L. durante abril-julio. Tesis Ing.agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1974. 99 p. (Mimeografiada).
- 22- Ormrod, D.P. et al Effect of temperature on embryo sac development in Phaseolus vulgaris. Canadian Journal of Botany 45 (6): 948-950. 1967.
- 23- Ortega, S. Zonificación del cultivo de la caraota (Phaseolus vulgaris L.) en Venezuela. Agronomía Tropical (Venezuela) 17 (3): 153-161 1967.
- 24- Pinchinat, A.M. Factores limitantes en el cultivo del frijol en Centroamérica. In Reunión Anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 11a, Panamá, Marzo 17-19. 1965.

- 25- Pinchinat, A.M. El cultivo del frijol en Centroamérica. Extensión en las Américas 11 (2): 27-32. 1966.
- 26- _____. Lista de las introducciones de frijol (Phaseolus vulgaris L.) y otras leguminosas del IICA-CEI. IICA, Turrialba, Costa Rica. 1970. 32 p.
- 27- Robins, J.S. y Domingo, C.E. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. Agronomy Journal 48: 67-70. 1956.
- 28- Sáenz M., A. El frijol común, curso técnico sinóptico de algunos cultivos de Costa Rica. Ciudad Universitaria. Universidad de Costa Rica Serie Agronomía N°4. 1962. 108 p.
- 29- Singh, J.N. Effects of modifying the environment on flowering, fruiting, and biochemical composition of the snap bean (Phaseolus vulgaris L.) Dissertation Abstracts 25(2): 744. 1964.
- 30- _____. y Mack, H.J. Effects of soil temperature on growth, fruiting, and mineral composition of snap beans. American Society for Horticultural Science. Proceedings 88: 378-383. 1966.
- 31- Smith, F.L. y Pryor, R.H. Effects of maximum temperature and age on flowering and seed production in three bean varieties. Hilgardia 33 (12): 669-689. 1962.
- 32- Unger, P.W. y Danielson, R.E. Water relations and growth of beans (Phaseolus vulgaris L.) as influenced by nutrient solution temperatures. Agronomy Journal 59 (2): 143-146. 1967.
- 33- Uzcátegui, N.A. Exigencias climáticas del Phaseolus vulgaris L. durante agosto-diciembre. Teiss Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1974. 71 p. (mimeografiado).
- 34- Vieira, C. A cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.) Boletim da Agricultura 11 (1-6): 19-45. 1962.
- 35- Vives F., L.A. 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. 222 p.