



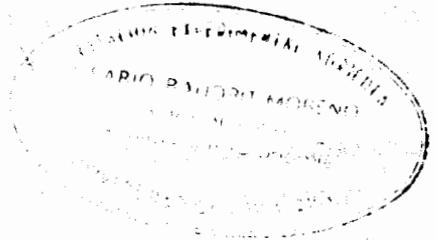
Este trabajo ha sido realizado gracias al contrato entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería y la Universidad de Costa Rica para fortalecer las investigaciones agrometeorológicas que se inició el 14 de abril de 1970.

INFLUENCIA CLIMÁTICA EN LA PRODUCCION DE BIOMASA Y GRANO EN FRIJOL
COMUN (Phaseolus vulgaris L.)

Edmundo E. Abellan Cisneros¹

Luis A. Vives Fernández²

Abigaíl Chacón Zúñiga³



INTRODUCCION

El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) constituye el segundo entre los alimentos de mayor consumo del costarricense, siendo así la principal fuente proteíca de su dieta.

Debido a su importancia, existe la necesidad de hacer estudios que permitan elevar el rendimiento de este cultivo, el cual en 1973 llegó a sólo 400 Kg/ha, según el censo agropecuario, en contraste con valores de 1,500 Kg/ha obtenidos en países con más técnica agrícola en aplicación.

El Programa de Investigaciones Agrometeorológicas, en el estudio de las exigencias climáticas de este cultivo, analizó en esta ocasión la influencia de algunas variables del clima sobre la producción de biomasa y de grano de frijol.

REVISION DE LITERATURA

La influencia del clima sobre los organismos en general y sobre las plantas en particular, ha sido ampliamente estudiada. Sin embargo, al revisar la literatura en el aspecto específico de la relación clima-biomasa o clima-producción

¹ Licenciado en Biología.

² Catedrático de la Universidad de Costa Rica.

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

en una especie cultivada como Phaseolus vulgaris, la información es relativamente exigua.

Los aspectos del clima estudiados en relación con el frijol común incluyen: la altitud, viento, temperatura del aire y del suelo, radiación solar, precipitación pluvial, duración del día y humedad relativa. También se han definido las mejores épocas y las menos propicias para la siembra.

Cardona y otros (9) consideran que los mejores rendimientos se obtienen en zonas ubicadas entre los 500 y los 2600 metros sobre el nivel del mar, pero que es común observar plantaciones eficientes a alturas menores de 500 metros.

García (15) concuerda con estos datos, agregando que es factible cultivar frijol a nivel del mar.

Ortega (28) opina que el frijol es una planta adaptada a altitudes medias, entre 500 y 1500 m.

Pinchinat (30b) establece como límites óptimos 500 y 1000 m, mientras que Sáenz (32) amplía considerablemente el margen desde 40 a 2000 m.

Respecto a la temperatura, García (15) afirma que el frijol es poco exigente a variaciones térmicas y lo ubica en climas de veranos cálidos (latitudes medias) con noches frescas, temperatura media entre 19 y 29 C, máxima media 30 C y mínima media 8.3 C. En latitudes subtropicales, con veranos frescos pero sin oscilaciones térmicas muy pronunciadas; con temperatura máxima media 32 C y mínima media 10,6 C. Establece además ciertos valores mínimos de biotemperaturas que corresponden a 8 C para la germinación, 15 C para la floración y 17 C para la maduración.

Anderson (3) considera que las temperaturas más favorables para este cultivo están entre 18 y 24 C. Igual opinión sostienen Sáenz (32) y Martín (23).

Viglierschio y Went (37) al estudiar el crecimiento bajo condiciones controladas, informan que el mayor crecimiento se obtuvo entre 23 y 26 C. Stobbe y otros

(35) indican haber obtenido el mayor número de flores y frutos a 29.5 C para el día y 21 C para la noche; también expresan que la temperatura influye en la duración del período de cambio entre la floración y la cosecha. Así, en ensayos mantenidos entre 15,5 y 24 C, la duración fue de 11 días mientras que en ensayos mantenidos entre 21 y 29 C, la duración fue de 9 días. De ahí que esos autores afirman que la temperatura debe interactuar con el fotoperíodo y con la intensidad luminosa, en el control del crecimiento reproductivo del frijol.

Singh(33) al estudiar los efectos producidos al modificar la temperatura del aire y del suelo en plantas de frijol, señala que una temperatura máxima de 35 a 40,5 C durante la floración, reduce el número y peso de las vainas. Además que las plantas resultan ser más termosensibles entre 6 y 8 días después de la floración, pues se reduce la cantidad de carbohidratos en hojas y tallos y se afecta el metabolismo de las proteínas. Al respecto se informa que las plantas sometidas a altas temperaturas no contenían cistina, pero sí treonina, mientras que las del grupo testigo no presentaban treonina. Dale (11), al analizar también el efecto de las variaciones térmicas sobre el crecimiento, llega a la conclusión de que la síntesis y la respiración son mayores en plantas que crecen en un ambiente con pequeños cambios de temperatura, en comparación con las que crecen a temperatura constante. Además que la temperatura influye en el área foliar producida, ya que en plantas de 15 días de edad, mantenidas a 25 C se obtuvo áreas foliares de aproximadamente el doble de otras mantenidas a 15 C. La luz parece no tener relación con este fenómeno ya que los resultados fueron similares tanto en los realizados durante el día como en la noche.

Jones (19) comprobó el efecto de la temperatura sobre el crecimiento y encontró que existe una relación lineal entre la tasa relativa de crecimiento de las hojas y la temperatura.

Numerosos investigadores afirman que las temperaturas altas tienen efecto negativo sobre el frijol. Coyne (10) observa que a 35 C como promedio de día y 29,5 C de noche, no se producen vainicas debido a que se disminuye la viabilidad del polen.

Mack y Singh (21) observaron una reducción del 65% en el número de flores "cuajadas", al elevarse la temperatura de 32 a 38 C. Ortega (28), Pinchinat (30b) Martin y Leonard (23), Borwel y Jones (5), Lambeth (20) y Davis (12), afirman que las altas temperaturas tienen un efecto nocivo sobre las flores, haciendo que éstas se desprendan, o bien afectando las vainicas en su formación y desarrollo.

Watts y Watts (38) sostienen que la temperatura afecta de diferentes maneras las diversas variedades de frijol, pero que en general todas son susceptibles al calor y la sequía.

Singh (33) al estudiar el efecto de la temperatura del suelo, encontró que sus fluctuaciones no afectan el rendimiento, pero sí el contenido de almidón, fósforo, potasio y magnesio. Singh y Mack (34) respecto al mismo tema, observan que el rendimiento óptimo se produjo entre 24 y 29,5 C en la temperatura del suelo.

Anderson (3) considera que la acción del viento seco y la alta temperatura por períodos prolongados, afecta al frijol especialmente en la época de floración y formación de vainicas, lo cual significa una importante reducción en el rendimiento.

Sáenz (32) afirma que los vientos fuertes causan daño mecánico a las plantaciones especialmente cuando arrastran polvo. Davis (12) propone que el viento puede modificar la temperatura y la humedad relativa condicionando, al interactuar el número de vainicas que se forman.

Aguirre y Salas (1) consideran como zonas aptas para el cultivo del frijol en Centroamérica, las correspondientes al Bosque Seco Tropical con precipitaciones promedio de 1000 a 2000 mm/año y 4 a 6 meses con déficit hídrico; además, las del Bosque Seco Subtropical, con precipitaciones promedio entre 500 y 1000 mm/año. El Bosque Húmedo Subtropical también se considera apto, pero no se recomienda por ser mayor la incidencia de plagas y enfermedades. García (16) informa haber obtenido buenas cosechas con precipitaciones entre 200 y 350 mm durante el período vegetativo, requiriéndose 100 mm a la siembra y 110 mm a la flo

ración. Agrega que la sequía resulta más perjudicial cuando ocurre 15 días antes de la floración o 20 días antes de la maduración.

Pinchinat (30b) considera como favorables para el frijol, una precipitación de 300 a 400 mm distribuida uniformemente en el período vegetativo, pero con un corto lapso de sequía durante la cosecha. Este mismo autor afirma que lo más importante es la distribución de las lluvias o la disponibilidad de riego, lo que determinará las zonas frijoleras y el número de cosechas por año. Agrega que la falta de agua durante las primeras semanas de desarrollo retarda el crecimiento, pero si la sequía ocurre durante la floración, produce pérdida de polen y se aumenta el número de vainas estériles.

Cardona y otros (8) limitan los valores necesarios de lluvia a 110 a 130 mm para la siembra y de 20 a 70 mm a la floración. Bowel y Jones (5) consideran que el frijol necesita de 50 a 110 mm mensuales, distribuidos uniformemente. La escasez o el exceso de agua son perjudiciales.

Hendoza (24) obtuvo buenos resultados con 980 mm distribuidos en todo el período reproductivo de las plantas.

Robins y Lomingo (31) consideran que la sequía resulta más perjudicial 15 días antes de la floración, porque reduce el número de granos por vaina y el número de vainas bien formadas. También es perjudicial si ocurre al inicio o durante la maduración, ya que disminuye el peso de los granos.

Buman y Painter (6) encontraron que la sequía afecta el volumen foliar y la tasa de crecimiento.

Singh (33) comprobó las afirmaciones anteriores al constatar que las sequías antes, durante o después de la floración, resultan en menor peso seco, menor número de flores y de vainas.

García y Montoya (16) consideran que en el tropico, las magnitudes de excesos y deficiencias hídricas del suelo y su distribución en el tiempo, son las que permiten determinar las épocas más apropiadas para implantar un cultivo.

Singh (33) encontró que los niveles de humedad del suelo afectan el metabolismo de las proteínas y los minerales, ya que en plantas cultivadas en suelos húmedos se encontró niveles altos de fósforo y potasio y altas cantidades de arginina y tirosina; ésta última no se encontró cuando el sustrato era un suelo poco húmedo.

Dubetz y Mahalle (13) en un estudio de tensión de humedad del suelo considerado crítico sobre plantas de frijol en tres estados vegetativos, concluyen que en todas, se produce una reducción del rendimiento, pero el efecto es más dañino cuando se aplica a las plantas durante su floración.

Davis (12) encontró que la baja humedad relativa asociada con alta temperatura y humedad del suelo es poco recomendable ya que conduce a la pérdida de las flores.

O'leary (26) al usar 3 niveles de humedad relativa (baja, mediana y alta) señala que no encontró diferencias significativas entre los tratamientos, ni para el crecimiento de las plantas, ni para su rendimiento. Uzcátegui (36) en Alajuela, Costa Rica, en un ensayo realizado de agosto a diciembre de 1974, encontró que la producción se ve favorecida por la temperatura mínima y la humedad relativa, así como que el viento tiene un efecto negativo.

Allard y Zauneyer (2) respecto al fotoperíodo, concluyen afirmando que el frijol tiene gran flexibilidad en cuanto a sus requerimientos de luz; por ello el fotoperíodo no parece ser limitante. La mayoría de las variedades son fotoneutras o responden a días cortos.

Vigliorchio y Went (37) con plantas sometidas a días de 9 y 14 horas de luz respectivamente, encontraron que el crecimiento es más rápido y el rendimiento mayor en las plantas colocadas en días de 14 horas. Ojehuman y otros (27) estudiaron 5 variedades de frijol (Phaseolus vulgaris), una de ellas de Costa Rica, afirman que días con fotoperíodos largos ocasionan la abscisión de las flores en botón.

Stobba y otros (35) encuentran que la temperatura interactúa con el fotoperíodo y con la intensidad luminosa en el control del crecimiento del frijol.

Coyne (10) informa que la respuesta al fotoperíodo depende de los valores de la temperatura durante el día y la noche. Con ciertas combinaciones de temperatura (26,7 C de día y 21,1 C de noche) las plantas no dan respuesta, pero con otras (29,4 C de día y 26,7 de noche).

Papadakis (29) también encuentra relación entre el fotoperíodo y la temperatura. Plantas colocadas a temperaturas entre 21 y 24 C, florecen tanto en días cortos como largos, mientras que las colocadas entre 17 y 19 C sólo florecen en días largos. Las colocadas a 13 C no florecen. Magalhães y Montejos (22), al analizar el efecto de la radiación solar sobre el crecimiento y producción en frijoles, determinaron que la alta radiación acelera el crecimiento vegetativo y eleva la producción.

Jones (18) afirma que la morfología correcta de las plantas depende mucho de la luz, ya que a altas intensidades de ésta aumenta la viscosidad del citoplasma y a bajas disminuye.

Bielbel (4) al estudiar el efecto de la cantidad de energía radiante sobre las plantas de frijol, llega a la conclusión de que aumentos de energía provocan aumentos en la respuesta morfológica, pero no en razón lineal, sino como el logaritmo de la cantidad de energía incidente. La temperatura no está ligada a este efecto.

Ojeda (25) al estudiar las exigencias climáticas del frijol para el período de abril-julio de 1974, en Costa Rica, encuentra que las mejores siembras registraron menos de 420 mm de lluvia acumulada a la floración y más de 300 horas de brillo solar para el mismo límite. Además que a mayor número de horas de brillo solar a la floración, aumentan los rendimientos.

Sáenz (32) considera que un exceso de radiación en plantas muy jóvenes afecta las hojas, tallos y brotes, produciendo quemaduras. Davis (17) encuentra que a un pH del suelo entre 7 y 7,5 se produce un desarrollo más rápido y los frutos maduran primero.

Ortega (28) afirma que el frijol requiere suelos de textura franco-arenosa o franco-arcillosa, fértiles, bien drenados y con valores de pH entre 6,2 y 7,0.

Echandi (14) opina que los diversos tipos de enfermedades que afectan el frijol dependen de 4 factores climáticos principales: altitud, temperatura, precipitación y humedad relativa.

MATERIALES Y METODOS

Los trabajos de campo se realizaron en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica (10° 01' latitud Norte, 84°16' longitud Oeste y 840 m sobre el nivel del mar). Su temperatura media 21,8 C, precipitación anual 1917 mm, con época seca y lluviosa.

Se usó la variedad Jamapa de color negro, que Cirilenas y Vela (7) describen como una planta semiarbustiva, con pequeñas guías, numerosas ramas rectas, bastantes vainas por toda la planta sin llegar a tocar el suelo. Las flores, moradas, aparecen a los 35 a 40 días de la siembra. Período de floración de 25 a 30 días y maduración al término de 85 a 90 días. Promedio de 5 granos por vaina.

El estudio comprendió once tratamientos (fecha de siembra) con cinco repeticiones ubicadas en bloques al azar. Las siembras se realizaron a intervalos de diez días entre el 7 de noviembre de 1974 y el 15 de febrero de 1975.

Cada parcela de tres por seis metros, se dividió en 6 surcos separados a 50 cm y orientados de este a oeste. Se dejó 1 m de separación entre parcelas y se eliminaron los 2 surcos laterales y los 50 cm extremos de cada surco, lo que dejó un área efectiva de 10 m² por parcela.

La siembra se realizó en forma manual, en surcos preparados mecánicamente, colocando las semillas en el fondo de éstos, a una distancia aproximada de 5 cm. hasta un total de 100 por surco. A los treinta días de la siembra se raleó, dejando 60 plantas por surco con una separación aproximada entre ellas de 10 cm. La semilla se trató previamente con Thimet a razón de 2 Kg por 100 Kg de grano.

Se aplicó en banda a 1 Kg por parcela de fertilizante 15-30-0, al momento de la siembra.

Los insectos fueron controlados mediante aplicaciones de DDT (3 g por 15 litros de agua). Para el control de la roya, mancha angular y Erwinia, se hizo una aplicación mensual de Dithane M-45 a una concentración de 45 g por 15 lt de agua.

Después de 40 días de crecimiento se realizaron deshierbas manuales.

Como el ensayo se realizó en mesas secas, fue necesario aplicar riego cada diez días aproximadamente, mediante canales conectados a una fuente principal por medio de sifones. Los datos del riego se sumaron a la lluvia.

Las muestras para determinar la biomasa se obtuvieron removiendo las plantas con todo y raíz en un metro de surco, por repetición.

Cada estado vegetativo se define de la siguiente manera: 1) etapa de germinación y concluye cuando las plantas terminan la expansión de las hojas centilodiales; 2) crecimiento activo y concluye con la aparición de las primeras yemas florales en un cinco por ciento de las plantas; 3) prefloración más del 50% de las plantas presentan yemas florales bien formadas. Algunas plantas ya tienen flores; 4) plena floración más del 50% de las plantas tienen flores. Algunas plantas presentan pequeñas vainas "cuchillitas" de unos 2 cm de largo aproximadamente; 5) fructificación más del 50% de las plantas presentan vainas grandes y bien formadas; 6) maduración y secado de las vainas; cosecha del grano.

Para la determinación del peso de la biomasa, las muestras se colocaron en estufa a 60 C hasta que alcanzaron peso constante y para el grano se calculó su peso al 12% de humedad.

Se consideraron las siguientes condiciones climáticas: radiación solar; brillo solar; temperatura del aire; temperatura del suelo a 5, 10 y 20 cm de profundidad; lluvia; evaporación y humedad relativa.

Para la evaluación de estos datos se usaron los valores parciales cada 5 días y los acumulados al final de cada estado vegetativo.

Se considera día, el intervalo comprendido entre las 06 y las 18 horas y noche al complemento.

RESULTADOS

El Cuadro 1 muestra la cantidad promedio de biomasa en gramos producida en 1 m lineal de surco, de acuerdo con las fechas de siembra y estado vegetativo. Hubo variaciones altamente significativas para las fechas de siembra del primero, segundo y quinto estados vegetativos. El ordenamiento de Duncan (5%) permite reagrupar los tratamientos al 5° estado vegetativo en alta (tratamientos 1, 7 y 11), regular (4, 5, 6, 8 y 10) y baja (2, 3 y 9) producción. Figura 1.

La productividad de grano para cada fecha de siembra se ordenó por medio del índice de cosecha (relación porcentual entre el peso seco del grano y el de la material seca acumulada por la planta al final del quinto estado vegetativo) como se aprecia en el Cuadro 2.

Los Cuadros 3 y 4 muestran los valores promedio de las variables climáticas agrupados para alta y baja producción de biomasa y de grano respectivamente.

El Cuadro 5 resume las variables climáticas significativas para la producción de biomasa en tres estados vegetativos, agregando los valores promedio de ellas para las fechas de siembra definidas como de alta y baja producción.

El análisis ^{de} correlación demuestra que no todos los elementos del clima que se evaluaron alcanzaron valores significativos con la producción de biomasa. De igual manera, también demuestra que la influencia de cada variable difiere a lo largo del desarrollo de las plantas.

El Cuadro 6 contiene las variables que fueron significativas con la producción de grano.

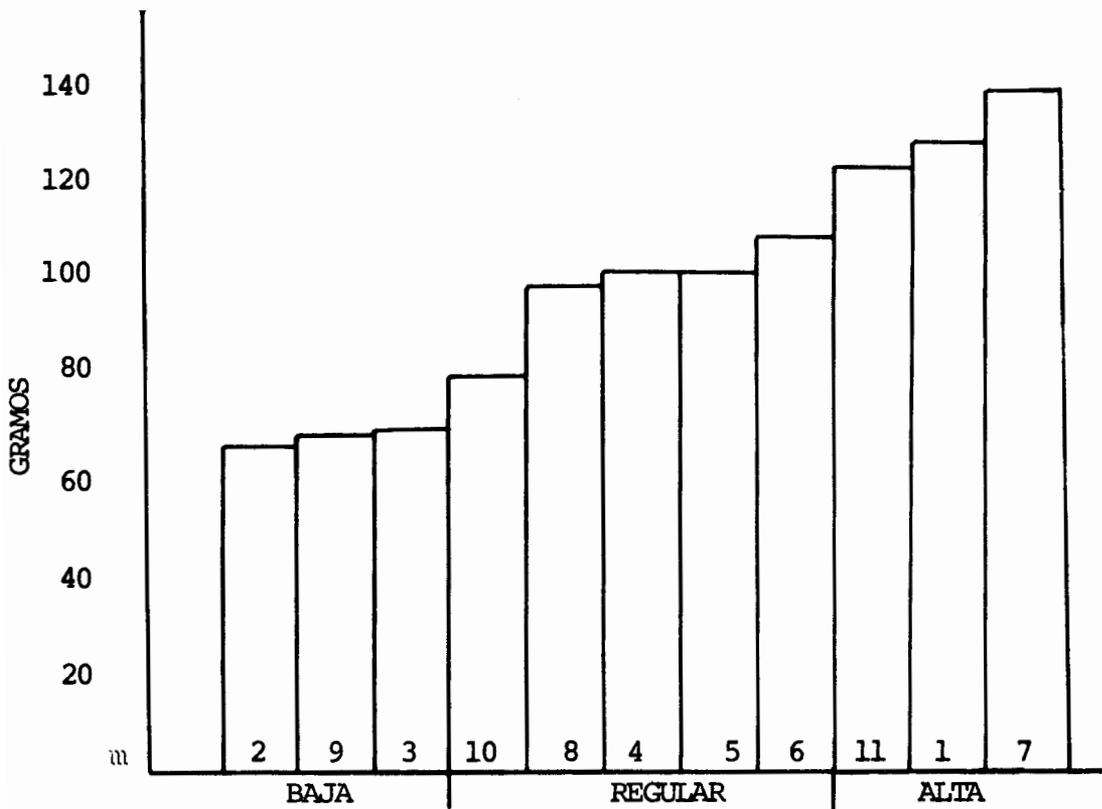


FIGURA 1 Promedio de biomasa acumulada por fecha de siembra al final del quinto estado vegetativo por grupos de producción.

CUADRO 1. Biomasa acumulada según la fecha de siembra y el estado vegetativo (peso constante a 60 °C)

Trata- miento	Fecha de siembra	Estado vegetativo				
		primero	segundo	Tercero	Cuarto	quinto
1	7 nov.	2,0	18,1	44,8	71,6	130,3
2	17 nov.	1,7	20,0	29,2	45,9	69,8
3	27 nov.	1,7	8,4	25,9	22,7	72,4
4	7 dic.	1,9	9,7	23,8	49,6	105,4
5	17 dic.	2,1	16,0	35,0	60,3	105,4
6	27 dic.	2,7	8,0	26,6	34,5	111,1
7	6 enero	2,2	27,3	26,1	44,8	140,0
8	16 enero	2,2	15,9	36,7	58,9	100,4
9	26 enero	1,9	9,8	29,4	44,2	71,8
10	5 feb.	1,4	13,8	46,6	54,7	83,7
11	15 feb.	1,4	23,6	48,2	69,7	123,6

CUADRO 2. Fechas de siembra ordenadas según sus índices de cosecha (producciones por 1 m de surco)

Tratamiento	Fecha de siembra	Biomasa gr/m	Grano gr/m	Índice de cosecha (%)
8	16 enero	100,4	59,1	58,8
5	17 diciembre	105,4	56,3	53,4
3	27 noviembre	72,4	29,4	40,6
6	27 diciembre	111,1	42,0	37,8
4	7 diciembre	105,4	37,6	35,6
10	5 febrero	83,7	28,8	34,4
11	15 febrero	123,6	34,1	27,5
7	6 enero	140,0	33,4	27,4
9	26 enero	71,8	18,5	25,7
1	7 noviembre	130,3	33,3	25,5
2	17 noviembre	69,8	15,3	21,9

CUADRO 3. Valores promedio de las variables climáticas por grupos de producción de biomasa hasta el final del quinto estado vegetativo.

Variables climáticas	grupo de alta produc.	Grupo de baja produc.
Radiación solar (cal/cm ² /5°estado vegetat.)	39481,0	39368,0
Brillo solar antes de las 12 horas	367,9	362,0
Brillo solar después de 12 horas	295,5	301,4
Suma brillo solar (horas)	663,4	663,3
Frecuencia brillo solar horas (días)	0,3	0,0
Frecuencia brillo solar 5,1-10 horas (días)	43,0	44,3
Frecuencia brillo solar 1, 1-5 horas (días)	6,0	9,6
Frecuencia mayor 10 horas (días)	27,6	25,6
Temperatura máxima aire (C)	29,3	28,7
Temperatura mínima aire (C)	16,5	16,5
Temperatura media aire (C)	22,7	22,6
Oscilación temperatura aire (C)	12,8	12,5
Temperatura del suelo a 5 cm (C)	25,1	24,5
Temperatura del suelo a 10 cm (C)	22,7	22,4
Temperatura del suelo a 20 cm (C)	24,3	23,6
Lluvia de las 06-18 horas (mm)	21,3	31,1
Lluvia de las 18-06 horas (mm)	9,0	10,4
Duración lluvia 06-18 horas (horas y 1/10)	2,7	4,4
Duración lluvia 18-06 horas (horas y 1/10)	2,0	2,8
Evaporación (mm)	580,0	576,0
Humedad (%) (suma de los 5 promedios a cada estado vegetativo)	389,7	389,6

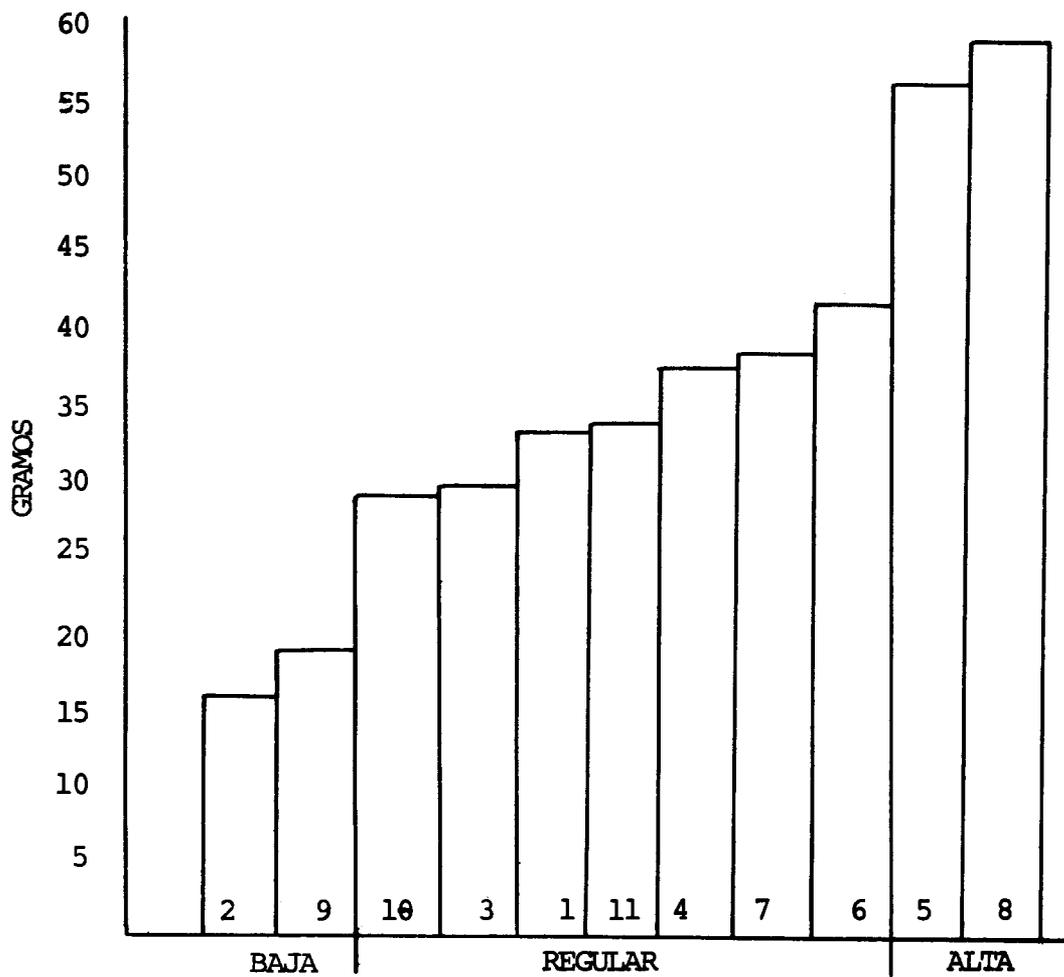


FIGURA 2. Grupos de producción de grano al 12% de humedad, por fecha de siembra.

CUADRO 4. Valores promedio de las variables climáticas para los grupos de mayor y menor producción de grano

Variable climática	Grupo de alta produc	Grupo de baja produc.
Radiación solar (cal/cm ² /ciclo vegetativo)	51068,0	48076,6
Brillo solar antes de las 12 horas	407,7	449,8
Brillo solar después de las 12 horas	388,0	373,2
Suma de brillo solar (horas)	866,7	823,7
Frecuencia brillo solar horas (días)	0,0	0,0
Frecuencia de brillo 5, 1-10 horas (días)	58,0	53,6
Frecuencia brillo solar 1, 1-5 horas (días)	5,0	10,0
Frecuencia mayor de 10 horas (días)	36,0	35,6
Temperatura máxima aire (C)	29,5	29,0
Temperatura mínima aire (C)	16,7	16,5
Temperatura media aire (C)	23,0	22,8
Oscilación temperatura aire (C)	12,7	12,6
Temperatura suelo 5 cm (C)	25,2	24,8
Temperatura suelo 10 cm (C)	23,0	22,5
Temperatura suelo 20 cm (C)	23,8	23,9
Lluvia de las 06-18 horas (mm)	18,1	34,7
Lluvia de las 18-06 horas (mm)	0,0	10,4
Lluvia 06-18 horas (horas y 1/10)	0,6	4,5
Lluvia 18-06 horas (horas y 1/10)	0,0	2,0
Evaporación (mm)	765,0	728,3
Humedad (%) suma de los 6 promedios a cada estado vegetativo	461,6	467,5

CUADRO 5. Valores promedios de las variables climáticas que tienen correlación significativa con la producción de biomasa en tres estados vegetativos para las fechas de siembra, agrupadas según su categoría de producción

Variables climáticas	Primer esta		Tercer esta		Cuarto esta	
	Alta prod.	Baja prod.	Alta prod.	Baja prod.	Alta prod.	Baja prod.
radiación solar ¹ (cal/cm ² /estado veget.)	6766	5565	6543	0,031		
brillo solar antes de las 12 h ¹ (horas)	62,2	47,1	0,534	0,054		
brillo solar después de las 12 h ¹ (horas)	54,3	55,5	0,603	0,047		
brillo solar ¹ Suma (h)	116,5	82,4	0,622	0,039		
frecuencia brillo 5,1-10 h ¹ (días)			26,6	26,0	0,745	0,008
temperatura máxima del aire (C) promedio			54,6	52,6	0,802	0,003
húmedo ² (C)			104,0	77,2	0,566	0,066
precipitación ¹ (mm)					29,2	27,6
					31,0	0,627
					0,604	0,047

NOTA: En el segundo y quinto estados vegetativos, no se encontraron correlaciones significativas para los valores acumulados de promedios de cada estado vegetativo.

CUADRO 5.

Valores promedios de las variables climáticas tienen correlación significativa con la producción de biomasa en tres estados vegetativos para fechas de siembra, agrupadas según su categoría de producción

Variables climáticas	Primer estado vegetativo		Tercer estado vegetativo	
	Alta prod.	Baja prod.	Alta prod.	Baja prod.
Radiación solar ¹ (cal/cm ² /estado veget.)	6766	5565	0,543	0,031
Brillo solar antes de las 12 h ¹ (horas)	62,2	47,1	0,534	0,034
Brillo solar después de las 12 h ¹ (horas)	54,3	35,5	0,603	0,047
Brillo solar ¹ Suma (h)	116,5	82,4	0,622	0,039
Frecuencia brillo 5,1-10 h ¹ (días)				26,6
Temperatura máxima del aire (C) promedio				26,6
Bulbo húmedo ² (C)				54,6
Evaporación ¹ (mm)	104,0	77,2	0,566	0,066

NOTA: En el segundo y quinto estados vegetativos, no se encontraron correlaciones

¹Valores acumulados

²Suma de promedios de cada estado vegetativo.

CUADRO 6. Valores promedio de las variables climáticas con correlación significativa en la producción de grano, agrupadas por categorías de producción.

Variables climáticas	Primer esta do vegetat.		Segundo esta do vegetat.		Tercer es- tado vegetat.	
	Alta prod.	Baja prod.	Alta prod.	Baja prod.	Alta prod.	Baja prod.
Brillo solar después de las 12 hs ¹ (horas)			167,5	126,2	0,593	0,052
Suma de brillo solar (hs) ¹			353,3	281,9	0,558	0,071
Lluvia total de las 18-06 hs (mm)	0	7,0	-0,547	0,078		
Lluvia total de las 18-06 hs (horas y 1/10)	0	1,6	-0,534	0,088		
Humedad relativa (%) ²			231,5	271,0	-0,531	0

es promedio de las variables climáticas con correlación
 ficativa en la producción de grano, agrupadas por
 orías de producción.

Primer esta do vegetat.	Correlación		Segundo esta do vegetat.		Tercer es- tado vegetat.		Correlación	
	Alta prod.	Baja prod.	Alta prod.	Baja prod.	Alta prdd.	Baja prod.		
	r	p	r	p	r	p		
horas)								
	0	7,0	-0,547	0,078	167,5	126,2	0,593	0,052
					353,3	281,9	0,558	0,071
y 1/10)	0	1,6	-0,534	0,088				
					231,5	271,0	-0,531	0,09

CUADRO 6. Continuación

Variables climáticas	Quinto estado vegetat.		correlación	Cosecha de grano	
	Alta prod.	Baja prod.		Alta produ.	Baja prod.
Brillo solar después de las 12 ¹ horas	327,7	297,7	0,533	0,088	
Suma de brillo solar ¹ (horas)	866,7	824,3			

NOTA: En el cuarto estado vegetativo no se encontraron correlaciones significativas

¹Valores acumulados

²Suma de promedios de cada estado vegetativo

DISCUSION

Aún cuando se esperaba que al final del primer estado vegetativo la cantidad de biomasa iba a ser muy parecida para todas las fechas de siembra, por cuanto el crecimiento en esta fase depende de la reserva cotiledonal, el análisis de varianza demostró todo lo contrario. Esto hace pensar que si bien el clima no influye aparentemente en la producción de biomasa en esta fase, si puede tener efecto en el porcentaje de germinación. Para este estado vegetativo se encuentran correlaciones significativas entre biomasa y radiación solar, brillo solar en la mañana, tarde y total del día y evaporación. La evaporación se debe interpretar como una relación significativa accidental, ya que ella es altamente dependiente de la radiación solar, la cual es igualmente significativa con la producción a este estado. No se podría explicar una mayor cantidad de biomasa por una mayor pérdida de agua del suelo, cuando ésta es esencial en la germinación.

Es interesante anotar que todas las variables significativas del clima son de naturaleza energética. Desde luego, el contenido de agua en el suelo se considera que fue adecuado. La acumulación de biomasa, al segundo estado vegetativo fue significativamente diferente, pero no se registró ninguna influencia de las variables climáticas sobre ella.

Para el tercero y cuarto estados vegetativos no hay diferencias significativas en la producción de biomasa. Sin embargo, hubo correlaciones de las variables climáticas para estos dos estados. Para el tercero está la frecuencia de días de 5.1 a 10.0 horas de brillo solar y bulbo húmedo y para el cuarto, nuevamente aparece la frecuencia de días de 5.1 a 10.0 horas de brillo solar y se manifiesta como significativa aquí la temperatura media máxima del aire.

El quinto estado vegetativo no presenta correlaciones significativas con las variables del clima, por lo que las diferencias en la producción de biomasa, no se puede decir que se deban al clima durante este período, pero si posiblemente

a su acción durante los estados anteriores. Las mejores fechas de siembra fueron las del 7 de noviembre, 6 de enero y 15 de febrero; las peores, el 17 y 27 de noviembre y 26 de enero (Figura 1 y Cuadro 1).

CONCLUSIONES

Existe una tendencia irregular en la producción de biomasa en cada estado vegetativo para las diferentes fechas de siembra. Sea, que el ordenamiento de ellas en un estado no necesariamente se presentará de nuevo en el siguiente.

Las variables del clima que influyen en la producción de biomasa son las energéticas.

La duración para cada estado vegetativo es de 10, 26, 10, 9 y 22 días.

La cosecha de grano fue significativamente diferente, lo que permite reagrupar el ordenamiento de Duncan al 5% en categorías de alta (tratamientos 5 y 8), regular y baja (2 y 9) producción (Figura 2).

En general, las siembras de mayor producción de grano no fueron las mejores productoras de biomasa en ninguno de los estados vegetativos. En realidad, sus valores fueron siempre intermedios. Por otro lado, las siembras de menor producción de grano siempre estuvieron entre las de menor producción de biomasa (Cuadro 2).

Con la producción de grano también existe la tendencia de un efecto directo de los factores energéticos del clima, a través de su ciclo vegetativo hasta la cosecha. En cambio, al primer y tercer estados vegetativos, los factores hídricos son de correlación negativa (Cuadro 6). Estas dos tendencias han sido ya trazadas por Rauseo (7).

RESUMEN

Se estudió el efecto de algunas variables climáticas sobre la producción de biomasa y del grano, en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en 11 fechas de siembra de la variedad Jamapa negro, desde el 7 de noviembre de 1974, al 15 de febrero de 1975. El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, ubicada en la provincia de Alajuela, Costa Rica a 10° 01' latitud norte y 84°16' longitud Oeste, 840 metros sobre el nivel del mar.

Las siembras se realizaron cada 10 días y las observaciones al final de cada uno de los 6 estados vegetativos estudiados.

La producción de biomasa fue significativa/diferente^{mente} en el primero, segundo y quinto estados vegetativos y presenta correlaciones directas con los factores energéticos del clima.

En cuanto a la producción de grano, se encontró que no varió en forma paralela con la producción de biomasa. Las mejores fechas productoras de grano, resultaron con producciones intermedias de biomasa.

La cosecha de grano fue significativa y muestra relación directa con los factores energéticos e indirecta con los híbridos.

LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, J.A. y J.A. SALAS. 1965. Zonificación del cultivo del frijol en Centro América y Panamá. Turrialba 15(4): 300-306.
2. ALLARD, H.A. y W.J. ZAUBERER. 1944. Response of beans (Phaseolus) and other legumes to the length of day. U.S. Department of agriculture. Technical Bulletin N°867.
3. ANDERSEN, A.L. 1955. Dry bean production in the Eastern States. U.S.D.A Farmers Bull. 2083.
4. BIEBEL, J.P. 1942. Some effects of radiant energy in relation to etiolation. Plant Physiology 17 (3) 377-396.
5. BOFWEL, V.R. y H.A. Jones. 1941. Climate and vegetable crop. In Climate and man 1941. Yearbook of Agriculture, Department of Agriculture Washington D.C. 373-399.
6. BURMAN, F.D. y L.L. PAINTER. 1964. Influence of soil moisture on leaf color and foliage volume of beans grown under greenhouse conditions. Agronomy Journal 56(4): 420-423.
7. CARDENAS, R.F. y GUADALUPE VELO. 1965. Jamapa una variedad mejorada de frijol para el trópico. In Reunión Centroamericana del Proyecto Cooperativo Centroamericano del Mejoramiento del Frijol, 3a. Antigua, Guatemala, 2-4 marzo, 1964. Informe Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Publicación Miscelánea N° 22. pp 35-38.
8. CARDONA, C. Y OTROS. 1959. Diacol Nina variedad mejorada de frijol. Colombia. Departamento de Investigación Agropecuaria. Boletín de Divulgación N° 8 24 p.
9. _____ . 1967. La Caracota y otras leguminosas de grano en Venezuela. Caracas, Consejo de Bienestar Rural. 266 p.
10. COYNE, D.F. 1968. Effect of temperature on pod set of varieties of Phaseolus vulgaris L. In Bean and Improvmet Cooperative. Annual Report N° 11.

11. DALE, J.E. 1964. Some effect of alternating temperature on the growth of french beans. *Annals of Botany* 28(109): 127-135.
12. DAVIS, J.F. 1945. 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.
1969.
13. DUBETZ, S. y P.S. MAHALLE. / Effects of soils water on bush beans (Phaseolus vulgaris L.) at three stages of growth. *Journal Amer. Soc. Hort. Sci.* 24:479-481.
14. ECHANDI, E. 1966. Principales enfermedades del frijol observadas en diferentes zonas ecológicas de Costa Rica. *Turrialba* 16(4): 359-363.
15. GARCIA, J. 1969. Zonificación del Phaseolus vulgaris en función de su régimen hídrico. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 19(3): 197-203.
16. GARCIA, J. y J.M. MONTOYA. 1971. Determinación de la duración, variabilidad y fecha óptima de siembra en cultivos anuales; estudio de un caso: Phaseolus vulgaris en Turrialba, Costa Rica. *Turrialba* 21(3): 300-303.
17. HAVIS, L. 1932. Effects of certain environmental condition upon the growth habit of the Henderson bush lima bean. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science.* 29: 451-454
18. JONES, L.H. 1971. Adaptative responses to temperature in dwarf French beans, Phaseolus vulgaris L. *Annals of Botany* 35 (41): 581-596.
19. JONES, P.C.T. 1969. The effect of light, temperature and anaesthetics on ATP levels in leaves of Charophidium rubrum and Phaseolus vulgaris. *Journal of Experimental Botany* 21(66): 50-63
20. LAMBERTI, V.M. 1950. Some factors influencing pod set and yield of the lima bean. *Missouri Univ. Agr. Expt. Sta. Res. Bull.* 466: 1-60.
21. MACK, N.J. y J.M. SINGH. 1969. 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.
22. MAGALHAES, A.C. y J.C. MONTEIRO. 1971. Effect of solar radiation on the growth parameters and yield of two varieties of common beans (Phaseolus vulgaris L.) *Turrialba* 21 (2) 165-168
23. MARTIN, J.H. y W.H. LEONARD. 1948. Principles of field crop production. New York, Mc Millan Co., 1176 p.

24. MENDOZA, M.D. 1965. Informe del proyecto cooperativo del frijol en Guatemala. In Reunión Anual PCCMCA, 11a., Panamá, Marzo 16-19.
25. OJEDA, V.A. 1974. Existencias climáticas del Phaseolus vulgaris L. durante abril-julio. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 99 p (mimeografiado).
26. O'LEARY, J.W. y G.N. KNECHT. 1971. The effect of relative humidity on growth, yield, and water consumption of bean plants. Journal of the American Society for Horticultural Science 96(3): 262-265.
27. OJEMONI, O.O. y OTROS. 1968. Effects of day length on the morphology and flowering of five determinate varieties of Phaseolus vulgaris L. Journal of Agricultural Science., 71(2): 209-214.
28. ORTEGA, S. 1967. Zonificación del cultivo de la caraota (Phaseolus vulgaris L.) en Venezuela. Agronomía Tropical (Venezuela) 17(3): 153-161.
29. Papadakis, J. 1954. Ecología de los cultivos. Buenos Aires, Argentina. Ministerio de Agricultura y Ganadería, 461 p.
30. Pinchinat, A. 1966. El cultivo del frijol en Centro América. Extensión en las Américas, 11(2) 27-32.
31. ROBINS, J.S. y C.E. DOMINGO. 1956. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. Agronomy Journal, 48 67-70.
32. SAEENZ, M.A. 1962. El frijol común, curso técnico sinóptico de algunos cultivos en Costa Rica. Ciudad Universitaria, Universidad de Costa Rica, Serie Agronomía N° 4. 108 p.
33. SINGH, J.N. 1964. Effects of modifying the environment o flowering, fruiting and biochemical composition of the snap bean (Phaseolus vulgaris L.) Dissertation Abstracts 25(2): 744.
34. SINGH, J.N. y H.J. MACK. 1966. Effects of soil temperature on growth fruiting and mineral composition of snap beans. American Society for Horticultural Science. Proceedings 88:378-393
35. Stobbe, E.H. Y OTROS. 1966. Blossoming and fruit patterns in Phaseolus vulgaris L. as influenced by temperature. Canadian Journal of Botany 44(6): 813-819.

36. UZCATEGUI, N.A. 1974. Exigencias climáticas del Phaseolus vulgaris L. durante agosto-diciembre. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 71 p. (Mimeógrafo).
37. VIGLIERCHIO, D.R. y E.W. WENT. 1947. Plant growth/^{under}controlled conditions. IX. Growth and fruiting of the Kentucky wonder bean (Phaseolus vulgaris) American Journal of Botany 44: 449-453.
38. WATTS, B. L. y G.S. WATTS. 1947. Peas and beans. In: the vegetable growing busines. New York: Orange Judd., 380-403.