

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGIA

*Influencia de algunas variables
climaticas en la produccion de
biomasa y grano en el frijol comun
(Phaseous vulgaris L)*

Edmundo E. Abellan Cisneros

Tesis Para optar al titulo
de Licenciado en Biología

1976

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGIA



INFLUENCIA DE ALGUNAS VARIABLES CLIMATICAS
EN LA PRODUCCION DE BIOMASA Y GRANO EN EL
FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris L)

EDMUNDO E. ABELLAN CISNEROS

Tesis para optar al título de
Licenciado en Biología

1976

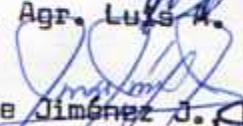
INFLUENCIA DE ALGUNAS VARIABLES CLIMATICAS EN
LA PRODUCCION DE BIOMASA Y GRANO EN FRIJOL CO-
MUN (Phaseolus vulgaris L.)

Tesis presentada a la Escuela de Biología de la
Universidad de Costa Rica

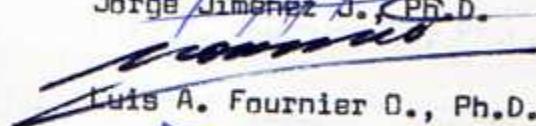
APROBADA


Ing. Agr. Luis A. Vives F.

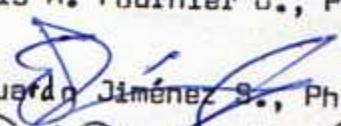
Director de Tesis


Jorge Jiménez J., Ph.D.

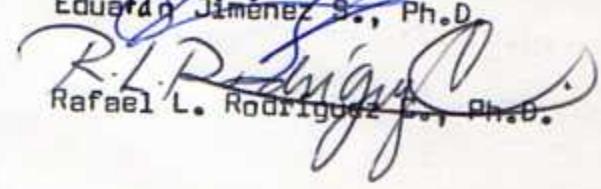
Miembro del Tribunal


Luis A. Fournier O., Ph.D.

Miembro del Tribunal


Eduardo Jiménez S., Ph.D.

Miembro del Tribunal


Rafael L. Rodríguez C., Ph.D.

Miembro del Tribunal

1976

DEDICATORIA

Encomiendo al presidente de las autoridades universitarias
de Toluca al señor don José de los Angeles, en particular
al señor don José y a los señores de la Dirección de Toluca,
por su constante ayuda y apoyo.
Así mismo me dirijo a los señores de la Universidad para
que me permitan publicar esta obra.

A mis padres ausentes
A Olga y mis hijos

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a los distinguidos profesores miembros del Tribunal de Tesis que con su orientación, me permitieron realizar este trabajo y especialmente a mi Director de Tesis, por su permanente estímulo y sabia guía.

A todos aquellos que en una u otra forma colaboraron para hacer llegar a feliz término mi labor.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1- LISTA DE CUADROS.....	iv
2- LISTA DE FIGURAS.....	v
3- INTRODUCCION.....	1
4- REVISION DE LITERATURA.....	4
5- MATERIALES Y METODOS.....	13
5.1. Diseño Experimental.....	14
5.2. Siembra.....	14
5.3. Riego.....	15
5.4. Obtención y Análisis de Muestras.....	16
5.5. Factores climáticos medidos.....	18
5.6. Análisis estadístico.....	18
6- RESULTADOS.....	19
7- DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	33
7.1. Producción de Biomasa.....	33
7.2. Producción de Grano.....	37
7.3. Relación Biomasa/Grano.....	40
8- RESUMEN.....	43
9- BIBLIOGRAFIA.....	46

		<u>Página</u>
Cuadro	1. Biomasa acumulada según la fecha de siembra y el estado vegetativo.....	19
Cuadro	2. Fechas de siembra ordenadas según sus índices de cosecha.....	24
Cuadro	3. Valores promedio de las variables climáticas que incidieron sobre las fechas de siembra agrupadas según su producción de biomasa hasta el quinto estado vegetativo.....	27
Cuadro	4. Valores promedio de las variables climáticas que incidieron sobre las fechas de siembra de mayor y menor producción de grano.....	28
Cuadro	5. Valores promedio de las variables climáticas que se correlacionaron significativamente con la producción de biomasa en tres estados vegetativos, para las fechas de siembra agrupadas según su categoría de producción.....	30
Cuadro	6. Valores promedio de las variables climáticas que se correlacionaron significativamente con la producción de grano en cinco estados vegetativos, para las épocas de siembra agrupadas según su categoría de producción.....	31

	<u>Página</u>
Figura 1. Promedio de biomasa acumulada por cada fecha de siembra, al completar el quinto estado vegetativo.....	20
Figura 2. Tendencias en la acumulación de biomasa en función de las fechas de siembra.....	22
Figura 3. Producción de grano al 12 % de humedad, por fecha de siembra y por metro de surco.....	23

INTRODUCCION

El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) constituye el segundo entre los alimentos de mayor consumo en Costa Rica, pero a pesar de ello, la producción de grano ha sido notablemente menor al consumo, lo cual ha hecho que sean necesarias, frecuentes y voluminosas importaciones del producto con el consiguiente sacrificio económico para el Estado.

El Ministerio de Economía, Industria y Comercio (Dirección General de Estadística y Censos y Comercio Exterior) de nuestro país, informa que durante los años 1970 y 1971 se tuvo que importar una cantidad muy aproximada a los 16 millones de kilogramos de frijoles en cada año. En 1972, la importación alcanzó a unos 11 millones de kilogramos, pero en 1973 se redujo a unos 5 y $\frac{3}{4}$ de millones de kilogramos.

El panorama ya alarmante se agrava aún mucho más en 1974 y las importaciones del producto llegan a 33 millones de kilogramos. Los datos de 1975, a la fecha de realizar esta investigación, sólo llegan hasta octubre de ese año, indicándose que hasta esa fecha ya se habían importado frijoles por 4 y $\frac{3}{4}$ de millones de kilogramos.

Esta situación tan precaria tiene su origen en la gradual reducción de las áreas ocupadas por los agricultores para el cultivo del frijol. La poca rentabilidad de la empresa a causa de los mecanismos de mercadeo y la escasa o nula atención de las entida-

des estatales, tanto en el aspecto técnico como económico fueron los que motivaron esta situación.

El año 1975 se caracterizó por el desarrollo de una intensa campaña propagandística que aparentemente incrementó algo la producción del frijol. No obstante ello, con los datos concretos hasta el mes de octubre de ese año, se puede estimar que siempre debió importarse una cantidad cercana a los 6 millones de kilogramos. Desafortunadamente no hay datos para ratificar o modificar esta proyección de las importaciones.

Por otro lado, la misma fuente de información afirma que el rendimiento que obtienen nuestros agricultores (Censo Agropecuario de 1973), llegó a unos 400 kg/ha, mientras que en países más tecnificados alcanzó a unos 1500 kg/ha.

Esto nos hace pensar en la necesidad de hacer estudios que permitan elevar el rendimiento, sea entre otros, por selección de semillas más adaptadas a nuestro ambiente, investigación de mejores técnicas de cultivo, control de plagas y enfermedades o bien estudiando la influencia de los diversos factores que afectan sobre el crecimiento de las plantas.

El presente estudio tiene por objetivo, determinar la influencia de algunas variables del clima sobre la producción final de biomasa y grano. Así mismo, analizar el patrón de crecimiento de las plantas en función de las variaciones del clima y detectar la influencia de éstas, en la expresión parcial de la biomasa acumu-

lada y la acumulación final del grano.

Con base en el estudio se pretende poder ofrecer información que conduzca a recomendaciones prácticas, que permitan elevar el rendimiento de las cosechas.

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 en una especie cultivable 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 y menos propicias épocas 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 frijoles 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 28 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.

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

Vigliarchio 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 expresa 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 al 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 contienen 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 nocivo sobre el frijol. Coyne (10) observa que a 35 C como promedio de día y 29,5 C de noche, no se producen vainas debido a que se disminuye la viabilidad del polen.

Mack y Singh (21) observan 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 (39) 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.

Andersen (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 su 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 180 mm a la siembra y 110 mm a la floración. 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. Ese mismo autor (30b) 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 pérdidas de polen aumentando el número de vainas estériles.

Cardona y otros (8) limitan los valores necesarios de lluvia a 110 180 mm para la siembra y de 20 a 70 mm a la floración. Borwel 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.

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

Robins y Domingo (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.

Burman y Painter (6) encontraron que la sequía afecta el volúmen 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 menos peso seco, menor número de flores y de vainas.

García y Montoya (16) consideran que en medio tropical, 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 substrato 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 observando 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 a alta temperatura y humedad del suelo poco recomendable, 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 Zaumeyer (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.

Viglierschio y Went (37) con plantas sometidas a días de 8 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. Ojehomon 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.

Stobbe 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 C de noche) se observan éstos.

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 18 C sólo florecen en días largos. Las colocadas a 13 C no florecen. Magalhaes y Montojos (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 ella aumenta la viscosidad del citoplasma y a bajas intensidades, disminuye.

Biebel (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 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. Havis (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 (29) 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: la altitud, la temperatura, la precipitación y la humedad relativa.

MATERIALES Y METODOS

Los trabajos de campo se realizaron en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica, situada en la Provincia de Alajuela a 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 define su clima como mesotermal con épocas seca y lluviosa bien marcadas durante el año.

Se usó la "Variedad" Jamapa de color negro, que Cárdenas y Velo (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.

Semilla opaca, semiaplanada, pequeña, suave a la cocción. Esta variedad se adapta al trópico a alturas de 0 a 500 m sobre el nivel del mar. Para Alajuela se informa un rendimiento de 1486 kg/ha. Se recomienda sembrarla en surcos separados a 60 cm depositando un grano cada 10 cm; esto es equivalente a 30 kg de semilla por ha (7).

La semilla usada en este ensayo se obtuvo de selecciones hechas en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno y por lo tanto sus características no concuerdan exactamente con la descripción dada anteriormente; a pesar de esto, las diferencias fenotípicas que se

podieron observar no fueron muy marcadas en relación con las características descritas por Cárdenas y Velo (7).

5.1 Diseño Experimental:

El estudio comprendió once tratamientos correspondientes a 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 y el 15 de febrero.

Cada parcela, de tres metros de frente por seis metros de fondo, se dividió en 6 surcos separados a 50 cm y orientados de este a oeste. Se dejó 1 m de separación entre parcelas.

Para efectos del estudio se eliminó los 2 surcos laterales (bordes) y los 50 cm extremos de cada surco, lo que dejó un área efectiva de 10 m^2 por parcela.

5.2 Siembra:

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

Se aplicó 1 kg por parcela de fertilizante 15-30-8, en bandas al momento de la siembra, evitando el contacto directo con las semilla. La dosis mencionada suministró los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en la proporción recomendada para el cultivo, por el programa de frijoles de la Estación Experimental.

Los insectos en general fueron controlados mediante aplicaciones de DDT, a razón de 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 litros de agua.

Antes de la siembra y después de 40 días de crecimiento, se realizaron deshierbas manuales.

5-3 Riego:

Como el ensayo se realizó principalmente en meses secos, fue necesario aplicar riegos superficiales cada diez días aproximadamente. El agua se hizo llegar a las parcelas mediante canales conectados a una fuente principal, por medio de sifones.

Se tomó muestras de suelo antes y 24 horas después de cada riego para determinar el porcentaje de humedad en ambas condiciones. Con la diferencia entre estos dos valores, se calculó el volumen de agua aplicada, mediante la fórmula:

$$\frac{C C - P M P}{100} \cdot da \cdot Pr \cdot A = V$$

Donde CC-PMP es la diferencia entre el porcentaje de humedad después del riego y el porcentaje de humedad antes del riego; d_a es la densidad aparente del suelo (0.93), P_r es la profundidad (25 cm) a que se tomó la muestra y A es el área.

Los datos del riego se sumaron a la lluvia.

5.4 Obtención y Análisis de las muestras para medir

la Biomasa:

Para efectos de la toma de muestras, los surcos efectivos de cada parcela se utilizaron de la siguiente manera: primero, tercero y sexto como bordes; el segundo para la obtención del grano en el último estado vegetativo; el cuarto para las muestras de biomasa en cada estado vegetativo y el quinto para un estudio complementario que forma parte del programa de investigaciones agroetnológicas de la Estación en que se hizo el ensayo.

En los primeros cinco estados vegetativos, las muestras se obtuvieron removiendo las plantas con todo y raíz en una fracción de surco de 1 m lineal.

Cada estado vegetativo se define de la siguiente manera:

Primero: que constituye la etapa de germinación y concluye cuando las plantas terminan la expansión de las hojas cotiledoneales.

Segundo: que corresponde a una etapa de activo crecimiento y concluye con la aparición de las primeras yemas florales en un cinco por ciento de las plantas.

Tercero: estado de profloración conocido comúnmente como estado de "piedrita"; se caracteriza porque más del 50 % de las plantas presentan yemas florales bien formadas. Algunas plantas comienzan a presentar flores.

Cuarto: estado de plena floración en el cual más del 50 % de las plantas presentan flores. Algunas plantas presentan pequeñas vainas o "cuchillitos" de unos 2 cm de largo aproximadamente.

Quinto: es la etapa de fructificación y se caracteriza porque más del 50 % de las plantas presentan vainas bien formadas, grandes.

Sexto: es la etapa final de maduración y secado de las vainas y se caracteriza por el marchitamiento y caída de las hojas, así como el cambio de color de las vainas, las cuales se tornan de color rojizo.

Para la determinación de la biomasa, las muestras se colocaron en estufa a 60 C hasta que alcanzaron peso constante. A las muestras del último estado (grano) se les determinó su peso al 12 % de humedad.

5-5 Factores Climáticos Medidos:

Se consideró las siguientes condiciones climáticas en sus valores acumulados, como sumas o promedios para cada estado vegetativo; radiación solar, brillo solar antes y después de las 12 h, suma total de brillo, frecuencia de días sin brillo, frecuencia de días con 0,1 a 1 h, de 1,1 a 5 h, de 5,1 a 10 h y con más de 10 h de brillo, temperatura media y extremas del aire, temperatura media del suelo a 5, 10 y 20 cm de profundidad, lluvia total diurna y nocturna en cantidad y duración, evaporación y humedad relativa.

Para la evaluación de estos datos se consideró los valores parciales cada 5 días y los acumulados en cada estado vegetativo.

Se considera día el intervalo comprendido entre las 06 y las 13 h y noche, al complemento hasta 24 horas.

5-6 Análisis Estadístico:

Se realizó en el Centro de Informática de la Universidad de Costa Rica e incluyó: análisis de varianza para la biomasa en las once siembras, en los cinco primeros estados vegetativos y en la producción. Correlación entre los factores agrobiológicos (biomasa y producción) y los factores climáticos en los cinco primeros estados vegetativos y en la producción.

RESULTADOS

El cuadro 1 muestra la cantidad promedio de biomasa en gramos producida por las plantas, de acuerdo con las fechas de siembra y el estado vegetativo.

Al completar el quinto estado vegetativo, finaliza el período de acumulación de materia orgánica, por lo cual este dato se considera como el "total de biomasa acumulada" para efecto comparativo.

CUADRO 1

BIOMASA ACUMULADA SEGUN LA FECHA DE SIEMBRA Y EL ESTADO VEGETATIVO (g)

NUMERO Y FECHA DE LA SIEMBRA	ESTADO VEGETATIVO				
	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO
1 7 Nov.	2	18,1	44,8	71,6	130,3
2 17 Nov.	1,7	20	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	35	60,3	105,4
6 27 Dic.	2,7	8	26,6	34,5	111,1
7 6 Ener.	2,2	27,3	26,1	44,8	140
8 16 Ener.	2,2	15,9	36,7	58,9	100,4
9 26 Ener.	1,9	9,8	29,4	44,2	71,8
10 5 Febr.	1,4	13,8	46,6	54,7	83,7
11 15 Febr.	1,4	23,6	48,2	69,7	123,6

La biomasa acumulada en las diferentes fechas de siembra va
rió entre 70 y 140 gramos por metro de surco. Estos valores per
miten establecer categorías de grupos de siembra que pueden rela
cionarse con las variables climáticas que los afectaron.

La Figura 1 ilustra las fechas de siembra dispuestas en grupos
de producción: comparativamente alta (fechas 1, 7 y 11), regu-
lar (fechas 4,5,6,8 y 10) y baja (fechas 2,3 y 9).

GRAMOS

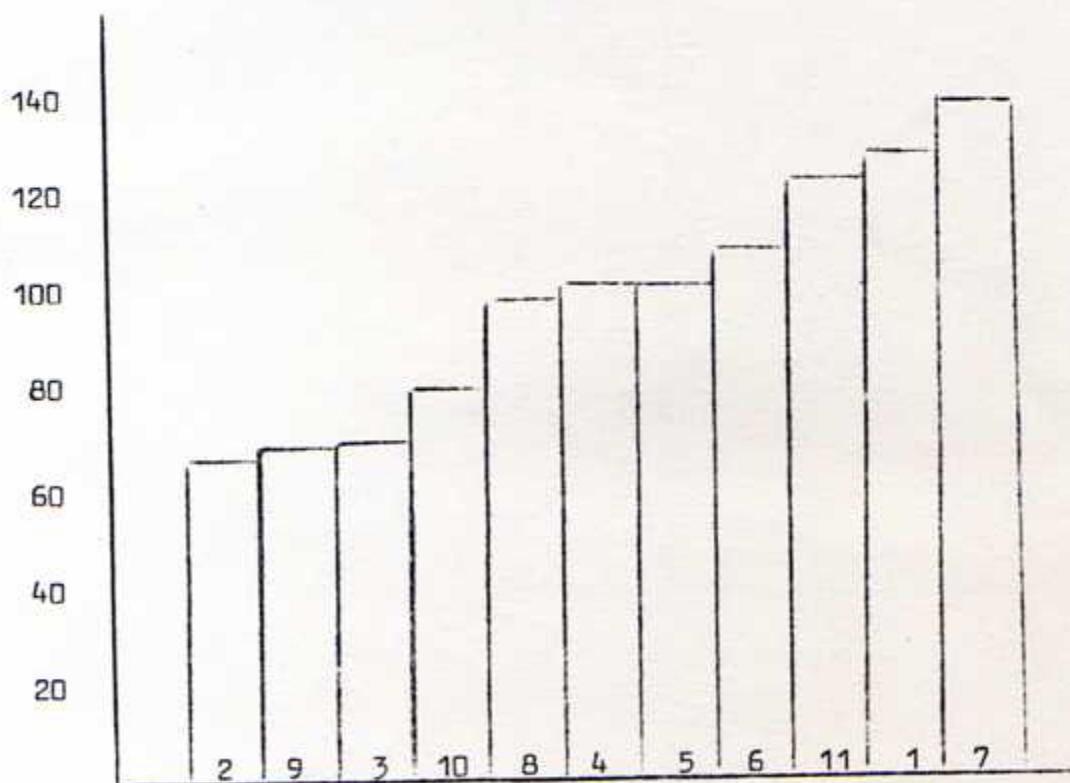


FIG. 1. PROMEDIO DE BIOMASA ACUMULADA POR CADA FECHA DE
SIEMBRA, AL COMPLETAR EL QUINTO ESTADO VEGETATI
VO.

El ritmo de crecimiento de las plantas de frijol a lo largo de los cinco estados vegetativos, fue muy uniforme dentro del grupo de fechas de siembra, que resultó en mayor acumulación de biomasa (1,7 y 11), como también entre las que terminan con poca cantidad (2 y 9). La figura 2, que resume las tendencias de **producción** de biomasa, señala que las épocas que evolucionan uniformemente alcanzan pesos mayores en comparación con las que tienen ritmos irregulares.

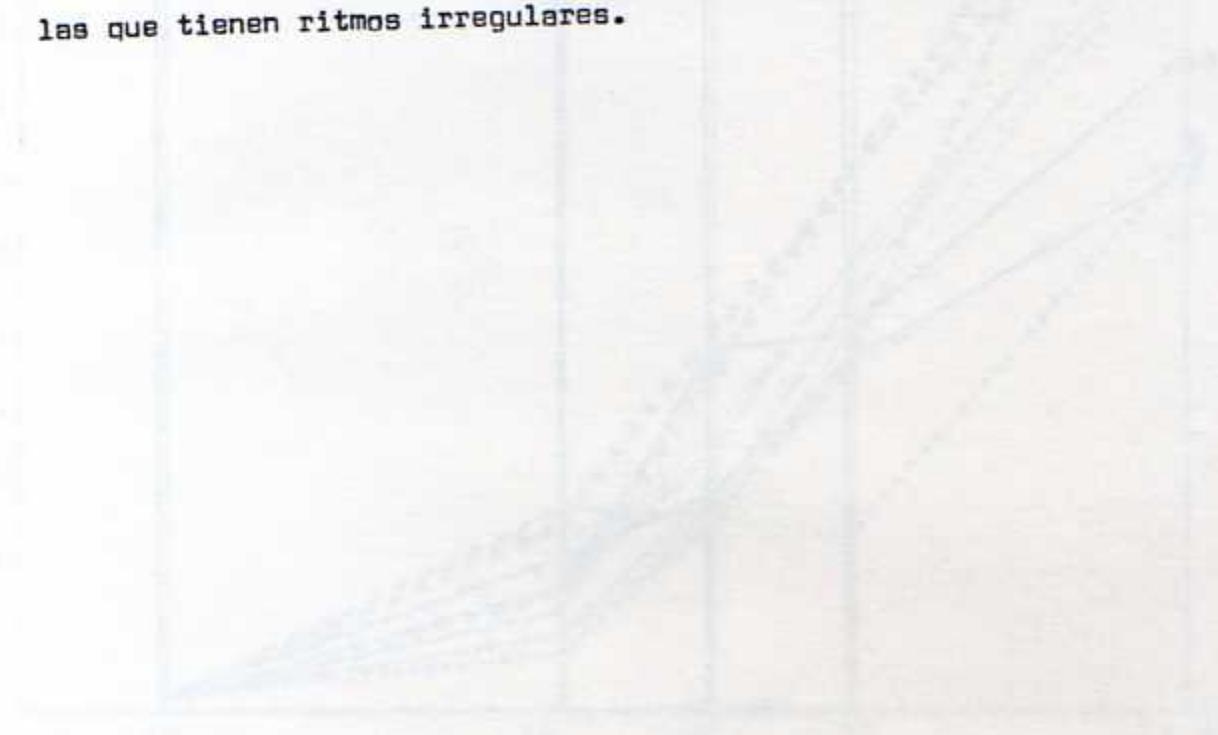


Fig. 2. Tendencias de la producción de biomasa en frijol en la época de siembra.

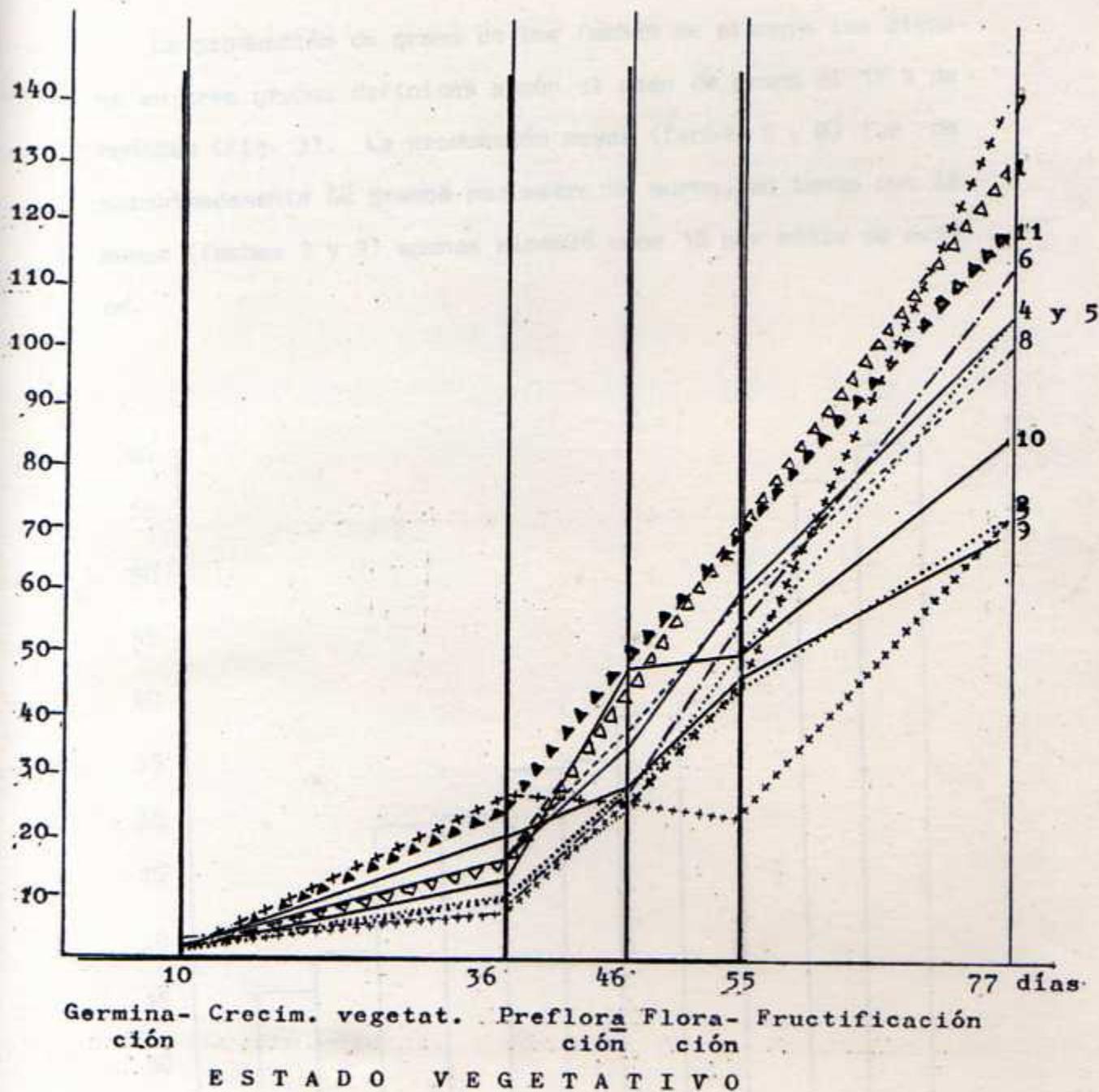


Fig. 2.- Tendencias en la acumulación de biomasa en función de la fecha de siembra.

La producción de grano de las fechas de siembra las dispone en tres grupos definidos según el peso de grano al 12 % de humedad (Fig. 3). La producción mayor (fechas 5 y 8) fue de aproximadamente 60 gramos por metro de surco, en tanto que la menor (fechas 2 y 9) apenas alcanzó unos 15 por metro de surco.

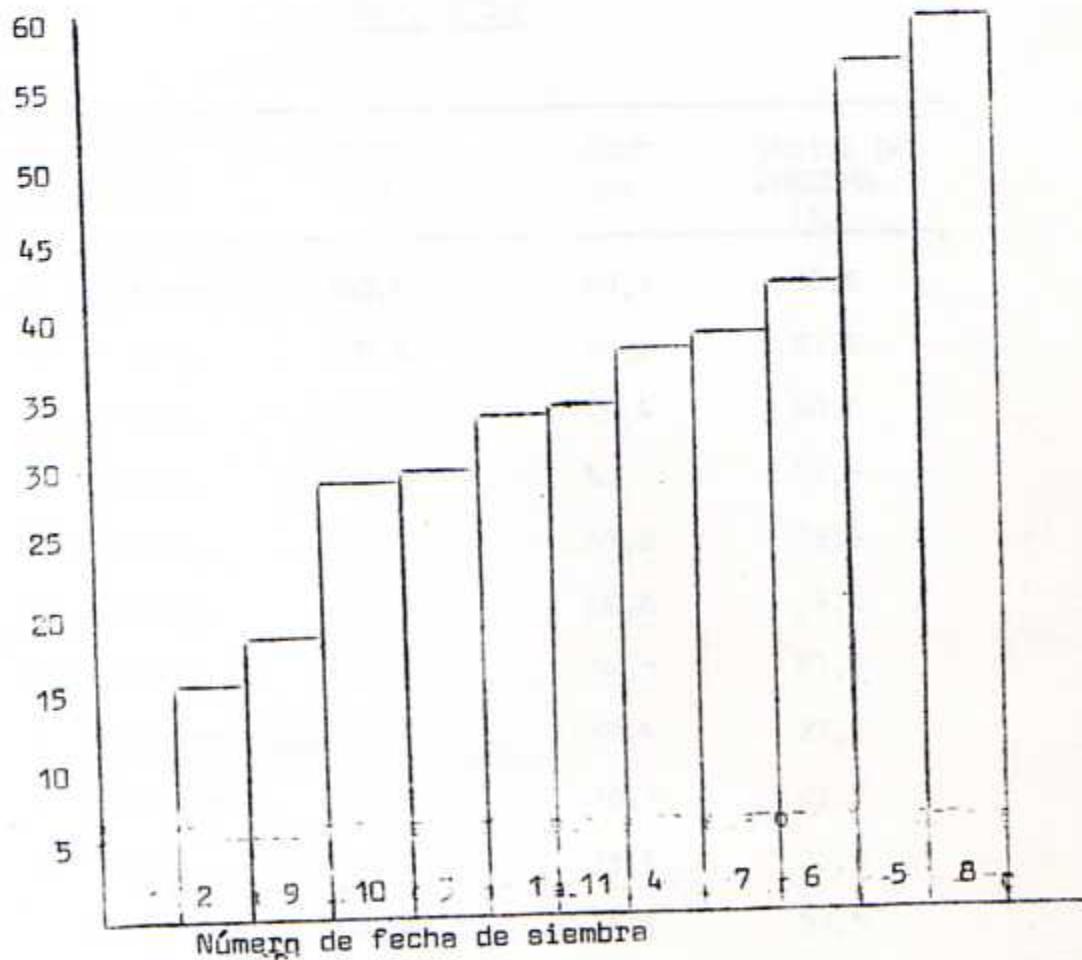


Fig. 3. Producción de grano al 12 % de humedad, por fecha de siembra y por metro de surco.

La productividad para cada fecha de siembra también puede evaluarse por medio del índice de cosecha, o sea la relación porcentual entre el peso seco del grano y el de la materia seca acumulada por la planta hasta el quinto estado vegetativo. (Cuadro 2).

CUADRO 2

FECHAS DE SIEMBRA ORDENADAS SEGUN SUS INDICES
DE COSECHA

<u>NO y FECHA</u> <u>DE SIEMBRA</u>	<u>BIOMASA</u> <u>g/m</u>	<u>GRANO</u> <u>g/m</u>	<u>INDICE DE</u> <u>COSECHA</u> <u>(%)</u>
8 16 Enero	100,4	59,1	58,8
5 17 Dic.	105,4	56,3	53,4
3 27 Nov.	72,4	29,4	40,6
6 27 Dic.	111,1	42	37,8
4 7 Dic.	105,4	37,6	35,6
10 5 Febr.	83,7	28,8	34,4
11 15 Febr.	123,6	34,1	27,5
7 6 Enero	140	38,4	27,4
9 26 Enero	71,8	18,5	25,7
1 7 Nov.	130,3	33,3	25,5
2 17 Nov.	69,8	15,3	21,9

El cuadro 3 muestra los valores promedio de las variables climáticas en que se desarrollaron las fechas de siembra agrupadas según su producción de biomasa, hasta el quinto estado vegetativo.

Valores comparativamente altos en radiación solar, horas de brillo solar antes del medio día, días con frecuencia de brillo mayor de 10 horas, temperatura máxima del aire, temperatura del suelo a 5 y 20 cm de profundidad y evaporación, coincidieron con altas producciones de biomasa. En tanto que valores altos en horas de brillo solar por la tarde, días con frecuencia de brillo de 1,1 a 5 horas, cantidad y duración de lluvia diurna y nocturna, coincidieron con bajas producciones de biomasa.

La suma total de brillo solar, frecuencia de días sin brillo, temperatura mínima y media del aire, así como su oscilación, temperatura del suelo a 10 cm y la humedad, tuvieron valores prácticamente iguales tanto en los grupos de alta producción, como en los de baja.

Los valores promedio de las variables climáticas que incidieron sobre las fechas de siembra de alta y baja producción de grano se presentan en el cuadro 4.

Valores altos en radiación solar, brillo solar antes y después de las 12 horas, frecuencia de brillo de 5,1 a 10 h, y evaporación coinciden con altas producciones de grano, mientras que, valores altos en frecuencia de días con brillo de 1,1 a 5 horas,

cantidad y duración de lluvia diurna y nocturna y la humedad, coinciden con bajas producciones de grano.

La frecuencia de brillo solar mayor de 10 horas, temperatura del aire (máxima, mínima y media) y su oscilación, temperatura del suelo a 5, 10 y 20 cm, tuvieron valores muy semejantes en el grupo de alta y baja producción.

CUADRO 3

VALORES PROMEDIO DE LAS VARIABLES CLIMATICAS QUE INCIDIERON SOBRE LAS FECHAS DE SIEMBRA AGRUPADAS SEGUN PRODUCCION DE BIOMASA HASTA EL QUINTO ESTADO VEGETATIVO

VARIABLES CLIMATICAS	GRUPO DE ALTA PROD.	GRUPO DE BAJA PRODUC.
Radiación solar (cal/cm ² /d)	39481	39368
Brillo solar antes de las 12 h (h)	367,9	362
Brillo solar después 12 h (h)	295,5	301,4
Suma brillo solar (h)	663,4	663,3
Frecuencia brillo solar o h (d)	0,3	0
Frecuencia brillo solar 5,1-10 h (d)	43	44,3
Frecuencia brillo solar 1,1-5 h (d)	6	9,6
Frecuencia mayor 10 h (d)	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 temp. 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 h (mm)	21,3	31,1
Lluvia de las 18-06 h (mm)	9	10,4
Duración lluvia 06-18 h (horas y 1/10)	2,7	4,4
Duración lluvia 18-06 h (horas y 1/10)	2	2,8
Evaporación (mm)	580	576
Humedad	389,7	389,6

CUADRO 4

VALORES PROMEDIO DE LAS VARIABLES CLIMATICAS QUE INCIDIERON SOBRE LAS FECHAS DE SIEMBRA DE MAYOR Y MENOR PRODUCCION DE GRANO

VARIABLE CLIMATICA	GRUPO DE ALTA PROD.	GRUPO DE BAJA PRODUC.
Radiación solar (cal/cm ² /d)	51068	48076,6
Brillo solar antes de las 12 h (h)	487,7	449,8
Brillo solar después de las 12 h (h)	388	373,2
Suma de brillo solar (h)	866,7	823,7
Frecuencia brillo solar 0 h (d)	0	0
Frecuencia de brillo 5,1-10 h (d)	58	53,6
Frecuencia brillo solar 1,1-5 h (d)	5	10
Frecuencia mayor de 10 h (d)	36	35,6
Temperatura máxima aire (C)	29,5	29
Temperatura mínima aire (C)	16,7	16,5
Temperatura media aire (C)	23	22,8
Oscilación temperatura aire (C)	12,7	12,6
Temperatura suelo 5 cm (C)	25,2	24,9
Temperatura suelo 10 cm (C)	23	22,5
Temperatura suelo 20 cm (C)	23,8	23,9
Lluvia de las 06-18 h (mm)	18,1	34,7
Lluvia de las 18-06 h (mm)	0	10,4
Lluvia 06-18 h (horas y 1/10)	0,6	4,5
Lluvia 18-06 h (horas y 1/10)	0	2
Evaporación (mm)	765	728,3
Humedad	461,6	467,5

El cuadro 5 resume las variables significativas para la producción de biomasa en cada uno de los estados vegetativos determinados, agregando los valores promedio de ellas para las fechas de siembra de alto y bajo rendimiento.

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

El cuadro número 6 resume las variables que fueron significativas con la producción de grano en cada uno de los estados vegetativos, encontrándose que las horas de brillo solar y la frecuencia de días con 5,1 a 10 horas de brillo solar fueron significativas para la producción de biomasa y grano.

CUADRO 6. Continuación.

	Quinto estado vegetat.		Cosecha de Grano		Correlación
	Alta prod.	Baja prod.	Alta prod.	Baja prod.	
VARIABLES CLIMATICAS	r	r	r	r	r
Brillo solar después de las 12 h (h)	0,533	0,533	0,088		
Suma de brillo solar (h)	50	54,5	0,555	0,074	
Frecuencia brillo mayor 10 h (d)					

Nota: En el cuarto estado vegetativo no se encontraron correlaciones significativas.

7.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

7.1 Producción de biomasa:

La producción de biomasa al concluir el quinto estado vegetativo fue significativamente diferente en las once fechas de siembra. Esto implica que, si las condiciones de experimentación en todas las siembras fueron homogéneas, excepto en las fechas de su desarrollo, las diferencias en producción pueden ser atribuibles a las distintas condiciones climáticas en que se desarrolló cada una de ellas. Las diferencias encontradas en la acumulación de biomasa en cada estado vegetativo resultan lógicas ya que los datos corresponden a muestras tomadas en diferentes estados de crecimiento.

El hecho de que la interacción fecha de siembra por estado vegetativo sea significativa, debe interpretarse como que la acumulación de biomasa en cada estado de crecimiento, varió con la fecha de siembra. Sin embargo, al finalizar el primer estado vegetativo, la cantidad de biomasa era muy similar en todas las fechas de siembra; esto parece explicable ya que el crecimiento durante los primeros días depende de las reservas cotiledonales y por tanto, el clima debe ser poco influyente. Sin embargo, el análisis estadístico señala correlaciones significativas entre biomasa y radiación solar, brillo solar, temperatura del suelo a 10 cm y evapora -

ción. Todas estas variables implican energía y por ello deben influir en el proceso de la germinación y primera fase del crecimiento de las plantas.

La transición del primero al segundo estado vegetativo se caracterizó por lo heterogéneo del crecimiento en las diferentes fechas de siembra. Las cantidades de biomasa acumuladas en estos 36 días señalan tendencias que permiten separar las siembras en grupos de alta, regular y baja producción, de acuerdo al comportamiento final de las plantas (Fig. 2).

Las tendencias de acumulación de biomasa, a partir del segundo estado vegetativo, permiten observar que las siembras que se definen como buenas, regulares o malas productoras mantienen su condición en los siguientes estados vegetativos.

El grupo de fechas de producción de biomasa que se consideran buenas (1,7 y 11) evolucionaron en forma muy parecida con excepción de la número 7, la cual, en el tercero y cuarto estado vegetativo, ocupó lugares más bajos en comparación con sus compañeras de grupo. Este comportamiento se puede deber a los valores relativamente altos en radiación solar, horas de brillo, temperaturas del aire y del suelo y evaporación, pero bajos en lluvia y humedad que prevalecieron durante estos estados de crecimiento.

En el quinto estado vegetativo, las posiciones se invierten y la siembra 7 pasó a ser la mayor productora de biomasa. La situación climática en este estado vegetativo continúa siendo parecida a la que prevalece en los dos estados vegetativos anteriores, pero los valores en las cantidades de lluvia y humedad resultaron menos diferentes de sus correspondientes para las fechas 11 y 1.

Esta misma situación se presentó al analizar el comportamiento entre las fechas de baja producción (2,3 y 9) en donde la número 3 muestra una tendencia diferente con relación a la 2 y la 9. Esto parece indicar que la cantidad de lluvia y la humedad son determinantes en la producción de biomasa del frijol.

Al comparar los valores climáticos acumulados que incidieron hasta el quinto estado vegetativo, sobre las fechas de mayor y menor producción de biomasa, se observa que en la mayoría de ellos, las diferencias son relativamente pequeñas. Esto hace pensar que la mayor influencia de cada variable climática no es dada por su valor final acumulado, sino más bien por su variación durante el crecimiento de la planta.

Las mayores diferencias se encuentran entre los valores de radiación solar y cantidad de lluvia, correspondiendo la mayor producción de biomasa a los valores más altos en radiación solar, pero comparativamente más bajos en cantidad de lluvia.

El análisis estadístico para la producción de biomasa, (Cuadro 5) señala correlaciones significativas con la radiación, horas de brillo solar antes y después del medio día, suma de horas de brillo solar y la evaporación, durante el primer estado vegetativo. Los valores de estas variables para los grupos de alta y baja productividad, se caracterizan por ser muy diferentes llegando en algunos casos a ser casi el doble para el grupo de alta producción, por lo cual se infiere su importante influencia durante este estado vegetativo.

Durante el segundo estado vegetativo, el análisis estadístico no señala correlaciones significativas para clima-biomasa; no obstante, como los resultados difieren significativamente entre las fechas de siembra, se supone que dichas diferencias se deben a que las plantas mantuvieron las que tenían hasta el primer estado vegetativo.

En el tercer estado vegetativo no se presentaron diferencias significativas entre las fechas de siembra con respecto a la producción de biomasa. Esto no significa que las plantas crecieron en forma similar, por el contrario, debieron acumular cantidades muy diferentes de biomasa para concluir su ciclo con diferencias estadísticamente no significativas, a pesar de haber partido de cantidades iniciales muy distintas (Cuadro 1).

Los días con brillo solar de 5,1 a 10 h y la humedad relativa (bulbo húmedo) presentan correlaciones significativas con la biomasa en este estado vegetativo. Ambos valores son más altos en el grupo de mayor producción, aunque la diferencia con los de producción menor es muy pequeña. Se puede concluir en que los valores de ambas variables fueron los principales responsables de la acumulación de biomasa en este estado vegetativo.

La situación en el cuarto estado vegetativo es muy semejante a la del tercero; los días con brillo solar de 5,1 a 10 horas y la temperatura máxima del aire, presentan correlaciones significativas con la biomasa. En el quinto estado vegetativo no hay correlaciones significativas, por lo tanto las diferencias en biomasa entre las fechas de siembra durante este estado vegetativo no parecen deberse a la acción del clima en este momento, sino posiblemente a la ocurrida en los estados anteriores.

7-2 Producción de Grano:

La producción de grano fue significativamente distinta de acuerdo con la fecha de siembra y por ello los valores de producción se disponen en grupos bien definidos, separándose dos con máxima producción (5 y 8), un grupo de siete con producciones intermedias (1,3,4,6,7,10 y 11) y dos con producción mínima (2 y 9). (Fig. 2).

Las siembras de mayor producción de grano no fueron las mejores productoras de biomasa en ninguna de los estados vegetativos anteriores. En realidad, sus valores fueron siempre intermedios. Las siembras de menor producción de grano siempre estuvieron entre las de menor producción de biomasa.

Tanto entre las siembras de mayor producción como entre las de menor, la evolución de las plantas en las épocas que forman cada grupo, fue muy similar a través de sus ciclos vegetativos. Por ello es razonable pensar que si variaron al mostrar comportamiento de grupo, deben haber sido afectadas por condiciones climáticas similares.

Efectivamente, las siembras 5 y 8 totalizaron valores climáticos muy parecidos entre sí, e igualmente ocurrieron entre las épocas 9 y 2

El hecho de que 9 variables climáticas tengan valores prácticamente iguales para los grupos de alta y baja producción, así como que las diferencias entre otros, de grupos opuestos sean muy pequeñas, sugiere que debe ser más influyente la distribución de los valores climáticos a través de todo el desarrollo de las plantas, que su acumulación final.

Por otro lado, puede observarse que las variables climáticas relacionadas con la energía solar, tienden a tener valo-

res más altos en el grupo de siembras de mayor producción de grano, mientras que los de lluvia, tienen a ser más al tos en el grupo de producción menor.

Todos estos resultados son comparables y concordantes con los encontrados en el estudio de la biomasa y están de acuerdo con lo propuesto por varios autores respecto a la producción de grano. Biebel (4), Magalhaes y Montojos (22), Ojeda (26), Stobbe y otros (36), con relación al efecto de la alta radiación solar y con Borwel y Jones (5). García (15) y Pinchinat (31a) respecto a deficiencias y excesos de lluvia.

No se indican referencias bibliográficas respecto a la biomasa, por ser muy escasa la información al respecto. El análisis de correlaciones determinó valores significativos pero negativos entre la temperatura del suelo a 10 cm de profundidad y la lluvia de noche (cantidad y duración) durante el primer estado vegetativo; sin embargo los valores acumulados para esas variables en ese estado vegetativo, fueron bastante parecidos en los grupos de alta y baja producción. Es to ratifica lo propuesto de la influencia de los valores parciales sobre los totales.

En el segundo estado vegetativo, el brillo solar después de medio día, la suma de brillo solar y los días con brillo

mayor de 10 horas, presentan correlaciones significativas con la producción de grano. Los valores de cada variable son notablemente superiores en el grupo de alta producción, lo que señala la importante influencia de una irradiación solar adecuada en esta etapa del crecimiento del frijol común.

En el tercer estado vegetativo, la humedad, tan relacionada con la lluvia, muestra correlación significativa negativa con la producción de grano. Esto sugiere que en este estado, las plantas de frijol son más susceptibles a las variaciones de humedad.

El brillo solar después del medio día y la suma de brillo solar, vuelven a ser significativos en el quinto y sexto estados vegetativos respectivamente, lo cual parece lógico ya que la última etapa se caracteriza por la pérdida lenta de agua, pues corresponde a la fructificación y secado final de los granos. Además, son factores preponderantes en los procesos fotosintéticos, por su naturaleza energética.

7-3 Relación Biomasa/Grano:

Las tendencias de acumulación de biomasa están relacionadas con la producción final de grano; las siembras que alcanzan a acumular mayores cantidades de biomasa no responden en

forma igual en la producción de grano. Lo mismo ocurre con las siembras que producen poca biomasa, por lo que hay evidencia para proponer que la mejor producción de grano se obtiene de plantas que alcanzan a acumular cantidades intermedias de biomasa. En este ensayo, dichas cantidades fueron cerca de los 100 g de biomasa por metro de surco, con un promedio de 8 plantas, mientras que las que acumularon entre 130-140 g (máximo) y 70 g (mínimo), en iguales condiciones de cultivo, tuvieron índices de eficiencia relativamente menores.

El análisis del gráfico de tendencias en la acumulación de biomasa (Fig. 2) y el ordenamiento de las fechas de siembra según sus índices agrobiológicos (Cuadro 2) denota un notable paralelismo en la forma de crecimiento para las siembras 5 y 8, que tuvieron los máximos rendimientos de conversión de biomasa-grano.

Considerando la productividad de estas siembras, puede suponerse que sus tendencias de crecimiento sean las más adecuadas; además probablemente sea determinante el tipo de crecimiento durante la prefloración y floración (Fig. 2).

En apoyo de esta idea, se puede mencionar que la siembra 7, que tuvo la mejor producción de biomasa, no alcanzó a transformarla adecuadamente en grano, probablemente a causa del retardo sufrido durante la prefloración y floración. Por otro lado, la siembra 3 que produjo comparativamente poca biomasa,

tuvo un crecimiento con tendencias paralelas con las siembras 5 y 8, tanto en la prefloración como en la fructificación, lo que probablemente influyó en su elevado índice de cosecha (Cuadro 2).

Las siembras 6 y 4, colocadas inmediatamente después de las 5, 8 y 3 en el ordenamiento por eficiencia de conversión de grano, tienen también tendencias bastante parecidas a las de rendimiento alto, aunque menos uniforme; es probable que a esto último se deba su rendimiento un poco menor.

Por lo tanto, el ensayo sugiere que, para las plantas de frijol, la regularidad en la acumulación de la biomasa a través de los 5 estados vegetativos, basada en un buen arranque entre el primero y el segundo estado vegetativo y mantenido luego con un ritmo moderado, conduce a los mejores índices de aprovechamiento en la formación de grano (Fig. 2).

Alteraciones en el ritmo de acumulación de biomasa, sea por aceleramientos provocados por exceso de síntesis o retardamiento durante las etapas de prefloración y floración, conducen a reducciones en la eficiencia de conversión de grano (índice de cosecha). Puede ser conveniente realizar ensayos sometiendo a las plantas al efecto de variaciones de humedad, irradiación u otras variables climáticas, durante diferentes etapas de su crecimiento, pero especialmente durante la prefloración y la floración, para tratar de comprobar los resultados de este ensayo.

Se estudió el efecto de algunas variables climáticas sobre la producción de biomasa vegetativa y grano en frijol (Phaseolus vulgaris L.), en 11 fechas de siembra de la variedad Jamapa de color negro, desde el 7 de noviembre de 1974 al 15 de febrero de 1975. El ensayo se realizó en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno ubicada en la Provincia de Alajuela, Costa Rica, a 10° 01' latitud norte y 84° 16' longitud oeste, 840 m 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 que se definen de la siguiente manera: el primero, que constituye la etapa de germinación, dura un promedio de 10 días. El segundo, corresponde a la etapa de activo crecimiento vegetativo y se extiende hasta una edad de 26 días. El tercero, conocido comúnmente como estado de "piedrita" constituye la etapa de prefloración que se extiende hasta una edad promedio de 46 días. El cuarto que corresponde a la plena floración, termina al promediar 55 días de edad. El quinto etapa de fructificación y conclusión del almacenamiento de materia orgánica, se extiende hasta un promedio de 77 días de edad. Finalmente, el sexto estado que es la etapa de maduración y secado de las vainicas concluye para esta variedad y el ambiente en que se cultivó, a una edad de 90 días.

La radiación solar, horas de brillo antes y después del medio día y la evaporación presentaron correlaciones significativas con la biomasa en el primer estado vegetativo.

No se determinó variables climáticas que estuvieran correlacionadas significativamente con la acumulación de biomasa durante el segundo estado vegetativo.

Los días con brillo solar de 5,1 a 10 horas y la humedad relativa presentaron correlaciones significativas con la biomasa en el tercer estado vegetativo. En el cuarto estado vegetativo, los días con 5,1 a 10 h de brillo continuaron siendo significativos, además de la temperatura máxima del aire. En el quinto estado, no hubo variables climáticas con correlaciones significativas con la biomasa.

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 en producciones intermedias de biomasa.

La temperatura del suelo a 10 cm y la lluvia de noche en cantidad y duración, resultaron significativas negativamente con la producción de grano en el primer estado vegetativo. El brillo solar después del medio día, la suma de brillo y su frecuencia en días con más de 10 horas, lo fueron en el segundo es

tado vegetativo. La humedad en el tercero con un valor negativo. El brillo solar después del medio día en el quinto y los días con frecuencia de 5,1 a 10 h de brillo, en el último estado.

Durante el cuarto estado vegetativo, no hubo variables con correlaciones significativas para la producción de grano.

Resultó determinante la forma de crecimiento durante las épocas de prefloración y floración, pues si ella es irregular, retardada o muy acelerada, la producción de grano se afecta negativamente.

BIBLIOGRAFIA

- 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. Zaunmeyer.
1944. Response of beans (*Phaseolus*) and other legumes to the length of day. U.S. Department of Agriculture. Technical Bulletin Nº 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.- Borwel, 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, R.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.- Cárdenas, 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 Nº 22. pp 35-38.
- 8.- Cardona, C y otros.
1959. Diacol Nima variedad mejorada de frijol. Colombia. Departamento de Investigación Agropecuaria. Boletín de Divulgación Nº 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 Improvement Cooperative. Annual Report No 11.
- 10b. _____
1970. Genetic control of a photoperiod temperature response for time of flowering in beans (Phaseolus vulgaris L.). Crop Science 10(3): 246-248.
- 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.
- 13.- Dubetz, S. y P.S. Mahalle.
1969. Effects of soils water stress on bush beans (Phaseolus vulgaris L.) at three stages of growth. Journal Amer. Soc. Hort. Sci. 94:479-481.
- 14.- Echandi, E.
1966. Principales enfermedades del frijol observadas en diferentes zonas ecológicas de Costa Rica. Turrialba 16(4): 359-363.
- 15.- García, J.
1969. Zonificación del Phaseolus vulgaris en función de su régimen hídrico. Agronomía Tropical (Venezuela) 19(3):197-203.
- 16.- García, 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 conditions 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 Chenopodium rubrum and Phaseolus vulgaris. Journal of Experimental Botany 21(66): 50-63.
- 20.- Lambeth, V.N.
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.N. 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. Montojos.
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.
1949. 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. Exigencias climáticas del Phaseolus vulgaris L. durante abril-julio. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 99 p. (Mimeógrafo).
- 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.- Ojehomon, D.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.
- 30a. Pinchinat, A.
1965. Factores limitantes en el cultivo del frijol en Centro América. In. Reunión Anual del PCCMCA, 11a, Panamá, marzo 17-19.
- 30b. ~~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.- Sáenz, M.A.
1962. El frijol común, Curso técnico sinóptico de algunos cultivos en Costa Rica. Ciudad Universitaria, Universidad de Costa Rica, Serie Agronomía No 4., 108 p.
- 33.- Singh, J.N.
1964. Effects of modifying the environment on 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 88:378-383.
- 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.- Uzcátegui, 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, R.L. y G.S. Watts.
1947. Peas and beans. In. the vegetable growing
business. New York, Orange Judd., 380-403.