

Fenología y Fenometría de una Variedad y una Línea de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la Zona Occidental de El Salvador¹

Rolando Ventura Elías²

COMPENDIO

El cultivo del frijol, tiene factores que limitan su producción entre los cuales el comportamiento de los elementos atmosféricos es decisivo. El presente trabajo fue realizado durante los años de 1987, 1988 y 1989, en la zona Occidental de El Salvador, siembra de segunda, usando las variedades Rojo de Seda y APN 83; tuvo como objetivos, determinar la influencia del tiempo atmosférico en el desarrollo del cultivo y determinar las etapas fenológicas que sirvan de base en la planificación y ejecución de defensa y combate integral del cultivo.

Las etapas fenológicas que se establecieron fueron: emergencia, inicio de formación de guías, floración, formación de vainas, llenado de vainas y maduración. Las unidades de calor necesarias por cada etapa fenológica respectivamente resultaron ser: 12.89, 61.09, 89.08, 99.31, 114.97, 157.74 (temperatura base 18.9°C). Los mismos fenómenos expresados en días después de la siembra corresponden a los promedios: 4.5, 18.3, 28.7, 31.8, 37.3 y 54.2 respectivamente.

El elemento atmosférico de mayor influencia en la producción y desarrollo del cultivo es la precipitación pluvial, principalmente su frecuencia, distribución y no cantidad. Similar efecto adverso, son los períodos clasificados microclimáticamente como sub-húmedo caliente.

Palabras claves adicionales: caracterización.

INTRODUCCION

El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) constituye la principal fuente de alimento en la dieta de la población salvadoreña. Como todos los cultivos, el frijol tiene factores que limitan su producción entre los cuales los elementos atmosféricos son los más importantes.

Dada la importancia del frijol se realizó el presente estudio que tuvo como objetivos: determinar la influencia del tiempo atmosférico en el desarrollo del cultivo y establecer las etapas fenológicas de las variedades: Rojo de Seda y APN 83.

REVISION DE LITERATURA

Cardona *et al.* (1982), mencionan que varios factores ambientales pueden afectar la planta del frijol durante su desarrollo, Una exposición prolongada al exceso de humedad del suelo o al agua superficial, puede inducir clorosis en la

ABSTRACT³

The common bean crop has limiting factors associated with production among which the behavior of atmospheric elements are decisive. This work was conducted from 1987 to 1989 in western El Salvador. Bean varieties 'Rojo de Seda' and APN 83 were planted during in the second cycle (sept-december). The objective of this work was to determine the influence of atmospheric conditions on the development of the bean plant and to determine the phenologic stages which serve as a base in the planning and execution of defense mechanisms for integrated management of this crop.

The phenologic stages which were established were emergence, initial formation of branching, flowering, pod formation, pod filling and maturity. The necessary heat units for each phenological stage were: 12.89, 61.09, 89.08, 99.31, 114.97, and 157.74, respectively (base temperature of 18.9°C). The same variables expressed in days after planting had the following values: 4.5, 18.3, 28.7, 31.8, 37.3 and 54.2 respectively.

Precipitation was the atmospheric element which influenced production and development of the crop the most. The frequency and distribution were more important than the total amount. Similar adverse effects are also created by warm sub humid tropical climates.

planta y deficiencia de zinc, así mismo. afirman que el calor extremo, las heladas y la carencia de humedad ocasionan el marchitamiento de la planta, el abuscamiento de las hojas y aún la muerte de la planta, los vientos fuertes, el granizo y las partículas del suelo que el viento eleva pueden romper y raspar el tejido de las plantas.

Tapia y Camacho (1988) determinaron que la duración de las plantas de las distintas etapas está determinada por el hábito de crecimiento (Tipo I, II, III y IV); el clima (temperatura, fotoperíodo); el suelo (fertilidad, condiciones físicas) y el genotipo. La luz es otro factor que tiene un efecto directo en las etapas de desarrollo y la morfología de la planta. La fotosíntesis depende directamente de la luz; en sistemas de producción en asocio, por ejemplo maíz-frijol, el frijol

¹ Trabajo presentado en la XXXVI Reunión Anual del PCCMCA. San Salvador, El Salvador. marzo 1990.

² Técnico en Agrometeorología. CENTA, San Andrés, enero 1990. El Salvador, C.A.

³ El abstract es traducción del compendio.

Publicado en Agronomía Mesoamericana. Vol. 2 (1991).

compite por la luz. En tales condiciones se modifica su arquitectura y la producción de materia seca disminuye. graduados en mm, según normas OMM (Organización Meteorológica Mundial).

White (1985), establece que el frijol requiere de días cortos para que florezca. Los días largos demoran la floración y la maduración de la cosecha. Aunque existe mucha variabilidad en cuanto a la reacción varietal de frijol al fotoperíodo, el efecto de cada hora adicional de la luz retarda la maduración de la semilla, que va de 2 a 6 días. El agua es el factor externo que determina más decisivamente el desarrollo del frijol común. El agua es reactivo de la fotosíntesis y elemento estructural, medio de transporte y regulador de la temperatura. Para la mayoría de los cultivos extensivos, las fases más críticas son el establecimiento o germinación y los cambios del estado vegetativo al reproductivo, incluyendo la floración y formación de cosecha (Jiménez, 1988).

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante 1987, se ubicó en Cantón Joya del Zapote, Turín, Ahuachapán, a una elevación de 615 msnm. En 1988, en Cantón Salitrero, de Atiquizaya, Ahuachapán a 630 msnm. En 1989, en Cantón Izcaquilío, de Atiquizaya, Ahuachapán a 640 msnm. Los tres períodos, en siembra de segunda y relevó a maíz, con distanciamiento entre posturas de 0.90 x 0.25 m.

El trabajo se dividió en tres áreas, la primera enfocada a ciclo de vida del cultivo, que comprende fenología y fenometría, la segunda al comportamiento del tiempo atmosférico en la zona durante el ciclo del cultivo y la tercera a los requerimientos de grados de desarrollo para cada etapa fenológica de las variedades en estudio.

A. Ciclo de vida del cultivo

- 1 Fenología: Fue determinada haciendo un muestreo mixto (azar, sistemático), con frecuencia cada 2 días, observando el inicio de los fenómenos siguientes:

Fase vegetativa-reproductiva, emergencia, formación de guías, floración, formación de vainas (chiles), llenado de vainas y maduración.

- 2 Fenometría: Muestreo al azar, con frecuencia de 3 por semana durante las cuales se midió y cuantificó las estructuras siguientes: altura a partir del nudo cotiledonal, hojas verdes existentes, guías secundarias, flores, vainas llenas y vainas maduras.

B. Comportamiento del tiempo atmosférico

1. Mesoclima

- a) Precipitación pluvial. Se usaron pluviómetros gra-

duados en mm, según normas OMM (Organización Meteorológica Mundial).

2. Microclima

Se instaló micro-abrigo de 0.45 m de altura con aparatos de registro semanal.

- a) Temperatura

Cálculos decádico (períodos de 10 años) de valores promedios.

- b) Humedad Relativa

Cálculos decádicos de valores promedios.

3. Comportamiento General Micro climático

Se utilizó la clasificación microclimática desarrollada por Ventura y Zimmerman (1986), que utiliza como límite térmico el valor de 25 °C y como límite hídrico el valor de 70% de humedad relativa.

4. Requerimiento de grados de desarrollo diario o unidades de calor: González (1985) propuso la fórmula usada por Cooperative Extension Division of Agricultural Sciences, Universidad de California desde 1984, que se define de la siguiente manera:

$$GDD = K \frac{(MAX - T)^2}{AT}$$

Donde:

GDD = Grados de desarrollo diario

K = 0.25

MAX = Temperatura máxima diaria

T = Temperatura Base (Temperatura mínima absoluta anual de la zona).

AT = Rango diario

5. Relación ETM/Precipitación Pluvial

La demanda de agua del cultivo (ETM) definida por

$$ETM = ETP \times Kc$$

Kc = Establecido por Doorembos y Kassam (1979) citado por Jiménez 1988.

ETP = Según Hargreaves (ETP = 0.0075 x RSM X TMF)

RESULTADOS Y DISCUSION

Precipitación Pluvial

El comportamiento de los elementos atmosféricos influye decididamente en el cultivo del frijol de los cuales los más determinantes son las condiciones pluviales pero sobre todo su distribución, seguido por el régimen técnico que a nivel microclimático provoca problemas fisiológicos traducido en diferencias fenológicas, longitud de períodos y efecto sobre la producción.

El presente estudio refleja que la fenología del cultivo expresa diferencias entre un período y otro, alargándose el ciclo (Cuadro 1 y 3) directamente proporcional a una buena distribución de la precipitación pluvial, principalmente a partir del fenómeno de inicio de formación de guías, hasta cierto límite.

La ausencia de precipitación o canícula, como una mala distribución que conlleva a deficiencias en el período de mayor demanda, provoca caída de estructuras fructíferas que impide la secuencia fenológica de la fase reproductiva. De forma similar se muestra que APN 83 es más sensible a períodos caniculares (Cuadros 1, 2 y 3). Las variedades en estudio requieren como mínimo la cantidad de 300.0 mm.

Cuadro 1 Fenología del cultivo del frijol, siembra de segunda, variedades Rojo de Seda y APN 83, expresado en días siembra, Ahuachapán, El Salvador. 1987 - 1989

Fenómeno	1987		1988		1989	
	R.deS.	APN 83	R.deS.	APN 83	R.deS.	APN 83
Emergencia	5	4	5	5	4	4
Formación de guías	17	15	19	18	22	19
Floración	25	28	29	28	31	31
Formación de vainas	31	30	31	31	34	34
Llenado de vainas	34	38	37	41	37	37
Maduración	56	(*)	54	59	50	52

(*) No se registró (Influencia de canícula).

Cuadro 2 Edad en días después de siembra (DDS) de los máximos valores de estructuras productivas y vegetativas del cultivo del frijol siembra de segunda variedades Rojo de Seda y APN 83, Ahuachapán, El Salvador. 1987 - 1989.

Fenómeno	1987				1988				1990			
	Rojo de Seda		APN 83		Rojo de Seda		APN 83		Rojo de Seda		APN 83	
	MAX	DDS	MAX	DDS	MAX	DDS	MAX	DDS	MAX	DDS	MAX	DDS
Altura	77.9	42	58.3	35	90.8	49	72.8	49	140.0	49	118.3	55
Hoja	17.9	51	17	43	20.1	49	22.0	41	31.2	46	39.0	55
Guías Secundarias	3.0	42	16	35	3.2	30	3.6	41	3.3	34	5.0	37
Flores	2.8	41	3.5	35	4.1	32	4.3	31	7.6	49	9.4	43
Vainas en Formación	12.1	44	6.3	39	13.7	45	12.9	42	13.9	49	13.3	52
Vainas	6.5	47	4.9	41	12.5	54	11.8	51	19.6	55	21.2	61

Relación ETM y Precipitación Pluvial

La ETM en función de temperatura, humedad relativa, y desarrollo del cultivo, durante los períodos de estudio, refleja la necesidad de demanda de agua del cultivo, éstos comparados con la precipitación pluvial demuestra la variable del comportamiento del clima (Cuadro 8), condición confirmada en Cuadro 6, así como la influencia en la fenología y fenometría (Cuadros 1, 2), consecuentemente en la producción.

Temperatura

Los tres períodos de estudio registran diferencias de rango de temperatura (Cuadro 4). El ciclo del cultivo dividido en tres etapas: establecimiento del cultivo, fructificación y maduración. De registrarse en la segunda un mayor rango de temperatura que en los extremos, complementado con adecuada humedad, favorece la producción.

Humedad Relativa

El Cuadro 5 muestra las diferencias significativas en los tres períodos de estudio, producto en parte del comportamiento de la precipitación pluvial (Cuadro 3) consecuentemente su influencia en el desarrollo del cultivo (Cuadros 1 y 2).

Comportamiento General Microclimático

Un análisis simultáneo de los elementos temperatura y humedad relativa permite un mayor marco de referencia de comportamiento (Cuadro 6). La clasificación microclimática de los tres años refleja diferencias significativas.

El período crítico, 30- 50 D DS, para 1987 fue clasificado como sub-húmedo, en 100%, para 1988 en 50% y para 1989 el 0.0%. La clasificación refleja lo adverso y favorable a que se sometió las variedades, fenómeno confirmado por lo temprano y tardío de la fenología y la menor y mayor cantidad de estructuras productivas y vegetativas (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 3 Precipitación decádica, durante el ciclo del cultivo del frijol Ahuachapán, El Salvador, 1987 -1989.

Mes	Década	1987	1988	1989	Valor * Esperado	Diferencias (Real - Esperado)		
						1987	1988	1989
Septiembre	1	119.6	36.4	1.2				
	2	90.5	94.8	53.0				
	3	171.2	143.6	92.7				
	Total	381.3	274.8	146.9	375.0	+6.3	-100.2	-228.1
Octubre	1	3.1	23.8	88.4				
	2	17.5	0.0	114.1				
	3	0.0	16.8	0.0				
	Total	20.6	40.6	202.5	196.0	-175.4	-155.4	+6.5
Noviembre	1	0.0	0.0	53.8				
	2	0.0	0.2	19.3				
	3	0.0	0.0	0.0				
	Total	0.0	0.2	73.1	34.0	-34.0	-33.8	+39.1

(*) Cantidades normales de precipitación en mm. de los datos reales, Estación Ahuachapán, Almanaque Salvadoreño Servicio Meteorología e Hidrología. (registro 30 años).

Cuadro 4 Resumen decádico de valores extremos promedios de temperatura (°C) en cultivo de frijol, siembra de segunda, variedades Rojo de Seda y APN 83 de Ahuachapán, El Salvador. 1987 -1989.

Década	Septiembre						Octubre						Noviembre					
	1987		1988		1989		1987		1988		1989		1987		1988		1989	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	28.8	20.2	34.0	18.6	31.3	18.8	29.4	19.8	33.8	17.5	31.9	19.0	30.7	17.8	33.9	16.8	30.2	18.5
2	30.5	19.5	33.0	18.5	34.2	19.6	31.0	18.0	33.1	17.7	30.8	19.0	31.0	19.8	33.9	17.0	30.2	18.5
3	26.9	20.8	32.5	17.5	29.7	19.6	30.3	28.0	30.8	17.3	31.3	16.9						
\bar{X} Mes	28.7	20.1	39.1	18.2	31.7	19.3	30.2	21.9	32.5	17.5	31.3	18.3	30.8	18.8	33.9	16.9	30.2	18.5

Cuadro 6 Clasificación microclimática, registrado en cultivo de frijol, siembra de segunda Ahuachapán, El Salvador, 1987, 1988, 1989.

Mes	Década	1987		1988		1989	
		Clasificación	Símbolo	Clasificación	Símbolo	Clasificación	Símbolo
Septiembre	1	Húmedo (1) Semicaliente (1)	H ₁ SC ₁	Húmedo (1) Caliente (1)	H ₁ C ₁	Subhúmedo (1) Caliente (1)	SH ₁ C ₁
	2	Húmedo (1) Semicaliente (1)	H ₁ SC ₁	Húmedo (1) Caliente (1)	H ₁ C ₁	Subhúmedo (1) Caliente (1)	H ₁ SC ₁
	3	Húmedo (1) Semicaliente (1)	H ₁ SC ₁	Húmedo (1) Caliente (1)	H ₁ C ₁	Húmedo Semicaliente (1)	H ₁ SC ₁
Octubre	1	Subhúmedo (1) Semicaliente (1)	SH ₁ SC ₁	Húmedo (1) Caliente (1)	H ₁ C ₁	Húmedo Caliente (1)	H ₁ C ₁
	2	Subhúmedo (1) Semicaliente (1)	SH ₁ SC ₁	Subhúmedo (1) Caliente (1)	SH ₁ C ₁	Húmedo Semicaliente (1)	H ₁ SC ₁
	3	Subhúmedo (1) Caliente (2)	SH ₁ C ₂	Húmedo (1) Semicaliente (1)	H ₁ SC ₁	Subhúmedo (1) Semicaliente (1)	SH ₁ SC ₁
Noviembre	1	Subhúmedo (1) Semicaliente (1)	SH ₁ SC ₁	Húmedo (1) Caliente (1)	H ₁ C ₁	Subhúmedo (1) Semicaliente (1)	SH ₁ SC ₁

Cuadro 5 Resumen decádico de valores promedios de humedad relativa (%) en cultivo de frijol, siembra de segunda, variedades Rojo de Seda y APN 83. Ahuachapán, El Salvador. 1987 -1989.

Décadas	Septiembre			Octubre			Noviembre		
	1987 X*	1988 X	1989 X	1987 X	1988 X	1989 X	1987 X	1988 X	1989 X
1	74	78	68	61	72	72	57	70	72
2	73	75	69	57	69	73	59	70	70
3	77	73	77	54	75	67			
\bar{X} MES	75	75	71	57	72	70	58	70	71

* X = Promedio/Décadas

Cuadro 7. Resumen promedio de requerimientos de grados de desarrollo o unidades de calor (Base 18 °C) para cada etapa fenológica de las variedades de frijol Rojo de Seda y APN 83 Ahuachapán, El Salvador 1987-1989.

FENOMENO	ROJO DE SEDA	APN 83
Emergencia	12.89	12.89
Formación de guías	64.41	57.78
Floración	91.33	88.44
Formación de vaina	99.31	99.31
Llenado de Vainas	112.77	117.18
Maduración	153.24	162.25

Requerimientos de grados de desarrollo o unidades de calor

Rojo de Seda más precoz que APN 83 (Cuadro 1) condición que se confirma al expresarse en grados de desarrollo o unidades de calor (Cuadro 7) registrándose diferencia del 5.5 %.

Al interpretar los fenómenos en forma aislada, durante las primeras tres etapas APN necesita menor cantidad de grados que Rojo de Seda, condición que se invierte en las dos etapas finales, aparentemente producto de las características genotípicas de cada variedad (Cuadro 7).

CONCLUSIONES

A Se determinaron seis etapas fenológicas del cultivo del frijol emergencia, inicio de formación de guías, floración formación de vainas, llenado de vainas y maduración.

B Prefloración, floración y formación de vainas son las etapas fenológicas más susceptibles a los períodos caniculares.

C Las unidades de calor necesarias para cada etapa fenológica fueron: 12.89, 61.09, 89.08, 99.31, 114.97, 157.74 (temperatura base 18.90 °C) respectivamente.

D Frecuencia, distribución y no cantidad de precipitación pluvial, es el factor de mayor incidencia en la producción.

E Las clasificaciones de tiempo atmosférico, permite en parte, predecir las producciones para un área determinada.

Cuadro 8. Relación decádica, de precipitación pluvial y demanda de agua del cultivo de frijol (ETM) zona occidental de El Salvador, C.A. (1987. 1988)

Mes	Década	1987		1988		1989	
		ETM	PP	ETM	PP	ETM	PP
Sept.	1		119.6	20.88	26.4	38.64	21.2
	2	31.77	90.5	32.76	94.8	53.01	53.0
	3	45.98	171.2	37.60	143.6	57.73	92.7
Oct.	1	62.03	3.1	54.97	23.8	51.91	88.4
	2	56.29	17.5	42.21	0.0	42.30	114.1
	3	52.87	0.0	40.12	16.8	40.17	0.0
Nov.	1	38.61	0.0	30.28	0.0	30.87	53.8
	2	38.20	0.0				

BIBLIOGRAFIA

- CARDONA, C.; F. C.A.; MORALES. F.J.; PASTOR CORRALES M. 1982. Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali. Colombia. 100 p.
- GONZALES. 1985 Formula sobre grados de desarrollo diario. Universidad de California. Riverside 95502 USA. Cooperative Extension Division of Agricultural Sciences (Comunicación personal).
- HARGREAVES, G.H. 1978. Clima y Agricultura. Comité Regional de Recurso. Hidráulicos. Publicación No. 145. Tegucigalpa. Honduras. 20 p
- JIMENEZ O., F. 1988. Necesidades hídricas de los cultivos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales. Turrialba. Costa Rica. 34 p.
- TAPIA BARQUERO, H; CAMACHO HENRIQUEZ. A. 1988. Manejo Integrado de la Producción de Frijol basado en labranza cero. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Managua. Nicaragua. 181 p.
- VENTURA ELIAS, R.; ZIMMERMANN MEJIA, R. 1986. Clasificación Microclimático del Cultivo del Algodonero. El Salvador. s.p.
- WHITE, J. W. 1985. Conceptos básicos de Fisiología del frijol. Ing. López, M.I. Fernández., A Van Schoonhoven (ed). Frijol: Investigación y Producción. CIAT. Cali. Colombia, p. 43.60.