

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



EFEECTO DE LA ACUMULACION DE CALOR Y
HUMEDAD DEL SUELO EN EL CRECIMIENTO
RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES
EN CUATRO CULTIVARES DE Phaseolus Sp.

JOSE ALONSO ACUERRE GOMEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA LA OBTENCION DEL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALISTA EN PRODUCCION AGRICOLA

MARIN, N. L.

DICIEMBRE 1988

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DE LA ACUMULACION DE CALOR Y
HUMEDAD DEL SUELO EN EL CRECIMIENTO
RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES
EN CUATRO CULTIVARES DE Phaseolus Spp.

JOSE ALFONSO AGUIRRE GOMEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA LA OBTENCION DEL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALISTA EN PRODUCCION AGRICOLA

MARIN, N. L.

DICIEMBRE 1988

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO,
HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO
PARCIAL PARA LA OBTENCION DEL GRADO

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALISTA EN
PRODUCCION AGRICOLA

CONSEJO PARTICULAR

Ph.D. CIRO G.S. VALDES LOZANO
Consejero

ING. M.C. GILBERTO E. SALINAS G.
Asesor

ING. M.C. MAURILIO MARTINEZ RDGZ.
Asesor

MARIN, N.L.

DICIEMBRE DE 1988.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Pablo Aguirre Flores
Ma. Teresa Gómez de A.

A quienes agradezco su cariño, sacrificio, comprensión y consejos al dirigir mi vida por el camino de la superación.

A MI ESPOSA:

Vicky Nuñez
Por su apoyo constante y por el estímulo que representa su presencia en mi vida.

A MIS HERMANOS:

Magdalena, José, Teresa, Silvia, Pablo,
Alejandro y Margarita.

A MIS SUEGROS:

Francisco y Elvia

A MIS AMIGOS:

Juan Angel y Sergio A.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, por su apoyo en brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

A la Facultad de Agronomía de la UANL, especialmente a la Sub-Dirección de Estudios de Post-Grado por haberme aceptado como alumno y ser el medio para formarme profesionalmente.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por haberme apoyado económicamente durante la realización de mis estudios de Maestría.

Al Dr. Ciro G.S. Valdés Lozano, por sus valiosos consejos y por su dirección y acertadas sugerencias para la elaboración de este trabajo.

Al Ing. M.C. Maurilio Martínez Rodríguez, por sus consejos, observaciones y enseñanzas en la revisión del presente trabajo y durante su cátedra.

Al Ing. M.C. Gilberto E. Salinas García, por su participación crítica en este estudio.

Al Dr. Everardo Villarreal Farías, por el apoyo brindado para mi desarrollo profesional y por los consejos aportados para el análisis del presente trabajo.

Al personal de la SDEP de la FAUANL, por el apoyo brindado durante mi estancia.

A la Familia Loa Aguirre por el gran apoyo desinteresado que me ofrecieron.

A la Sra. Yolanda Díaz T., por el esfuerzo realizado en el mecanografiado de este trabajo.

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.	viii
INDICE DE FIGURAS.	xi
RESUMEN.	xiv
SUMMARY.	xvi
I. INTRODUCCION.	1
II. LITERATURA REVISADA Y PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS.	3
2.1. <u>Ambiente y adaptación.</u>	3
2.2. <u>Factores del ambiente natural.</u>	8
2.2.1. Temperatura.	9
2.2.1.1. La temperatura en el crecimiento y desarrollo	9
2.2.1.2. Sensibilidad a bajas temperaturas.	12
2.2.1.3. Sensibilidad a altas temperaturas.	14
2.2.1.4. Unidades calor.	17
2.2.1.5. Temperatura en Cerralvo, N.L.	19
2.2.2. Luz.	21
2.2.2.1. Efecto de la luz en el crecimiento y desarrollo.	21
2.2.2.2. Sensibilidad al fotoperíodo.	23
2.2.2.3. La luz en Cerralvo, N.L.	25
2.2.3. Agua.	25
2.2.3.1. Precipitación.	25
2.2.3.2. Importancia del agua en el crecimiento y desarrollo.	26
2.2.3.3. El agua en Cerralvo, N.L.	30
2.2.4. Luz, Temperatura, Agua.	31
2.2.4.1. Estación de crecimiento.	31
2.2.4.2. Estación de crecimiento en Cerralvo, N.L.	33

	Página
2.2.5. Suelo.	33
2.2.5.1. Importancia del suelo en el crecimiento y desarrollo.	33
2.2.5.2. Características del suelo en la producción de frijol.	35
2.2.5.3. El suelo en Cerralvo, N.L.	36
2.3. <u>Ambiente Social</u>	36
2.4. <u>Hipótesis</u>	45
III. MATERIALES Y METODOS.	47
3.1. <u>Localización del sitio experimental</u>	47
3.2. <u>Descripción general del área de estudio</u>	47
3.2.1. Antecedentes.	47
3.2.2. Clima.	47
3.2.3. Suelo.	48
3.2.4. Vegetación.	50
3.3. <u>Material genético</u>	50
3.4. <u>Diseño experimental</u>	51
3.5. <u>Siembra del experimento</u>	54
3.6. <u>Control de plagas, enfermedades y malezas</u>	55
3.7. <u>VARIABLES MEDIDAS</u>	56
3.7.1. Variables de clima.	56
3.7.2. Variables de suelo.	56
3.7.3. Muestreos y variables de planta	56
3.8. <u>Análisis de la información</u>	59
3.8.1. Análisis estadístico para rendimiento.	59
3.8.2. Modelos de crecimiento y delimitación de estados..	59
3.8.3. Índices fisiotécnicos.	62
3.8.4. Unidades calor y humedad del suelo.	63
3.8.5. Efecto de variables de clima en el crecimiento.	65

	Página
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.	67
4.1. <u>Rendimiento de grano y componentes.</u>	67
4.1.1. Primer fecha de siembra.	67
4.1.2. Segunda fecha de siembra.	67
4.1.3. Análisis combinado.	69
4.1.4. Componentes de rendimiento.	72
4.2. <u>Modelos de crecimiento y delimitación de estados.</u>	75
4.2.1. Peso seco acumulado estimado y observado.	75
4.2.1.1. Genotipos por separado en fechas, peso seco estimado y observado.	76
4.2.1.2. Genotipos conjuntamente en fechas, peso seco estimado.	79
4.2.1.3. Análisis estadístico por muestreo para peso seco observado.	81
4.2.1.3.1. Primer fecha de siembra.	81
4.2.1.3.2. Segunda fecha de siembra.	85
4.2.1.4. Peso seco observado y rendimiento de gra no.	88
4.2.2. Delimitación de estados de crecimiento.	90
4.2.3. Area foliar de los genotipos en conjunto.	95
4.3. <u>Efecto de variables ambientales en el crecimiento por ge notipo.</u>	98
4.3.1. Peso seco, y velocidad de crecimiento en función de humedad disponible en el suelo.	99
4.3.1.1. Selección 4.	99
4.3.1.2. Phaacu-125.	103
4.3.1.3. Pinto Americano.	109
4.3.1.4. Canario 101.	113
4.3.2. Tasa relativa de crecimiento en función de preci pitación.	117
4.3.2.1. Selección 4.	117
4.3.2.2. Phaacu-125.	119

	Página
4.3.2.3. Pinto Americano.	122
4.3.2.4. Canario 101.	124
4.3.3. Efecto general de la temperatura.	124
4.3.4. Valides del estudio por representatividad del año.	128
4.3.5. Origen de la interacción genotipo x ambiente.	130
4.4. <u>Resultados y ambiente social.</u>	135
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	139
VI. BIBLIOGRAFIA CITADA.	142
VII. APENDICE.	148

INDICE DE CUADROS

<u>Cuadros del Texto</u>	<u>Página</u>
1 Valores promedio por cada cinco días de las principales características ambientales en el municipio de Cerralvo, N.L. SARH. 1987..	20
2 Características físicas y químicas en dos profundidades de suelo y dos sitios de muestreo en la ex-hacienda Montecristo para la siembra de frijol. Ciclo Otoño-Invierno (1987). Cerralvo, N.L.	49
3 Clasificación de genotipos de frijol, evaluados en el ciclo Otoño-Invierno (1987) en la ex-hacienda Montecristo, municipio de Cerralvo, N.L.	51
4 Distribución de genotipos de frijol, evaluados en dos fechas de siembra. Ex-hacienda Montecristo, municipio de Cerralvo, N.L. Ciclo Otoño-Invierno. 1987.	52
5 Resultados del análisis de varianza para rendimiento de grano por parcela (g/.28 m ²) primera fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	68
6 Resultados del análisis de varianza para rendimiento de grano por parcela (g/.28 m ²) segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	68
7 Prueba de homogeneidad de varianza (Bartlett), para la característica rendimiento de grano en cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	69
8 Resultados del análisis de varianza combinado para el rendimiento de grano por parcela (g/.28 m ²) en cuatro genotipos de frijol. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	71
9 Comparaciones de medias para rendimiento de grano por parcela (g/.28 m ²) de cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	71
10 Componentes de rendimiento y rendimiento por parcela (g/.28 m ²) de cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	73
11 Cuadrados medios de los análisis de varianza para muestreos de peso seco. Primera fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	83
12 Comparación de medias de tratamientos por la DMS para el promedio de peso seco total por 0.28 m ² en cuatro genotipos de frijol. Primera fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	84

Cuadro	Página
13 Cuadrados medios de los análisis de varianza para muestreos de peso seco. Segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	86
14 Comparaciones de medias de tratamientos para peso seco por la DMS en cuatro genotipos de frijol. Segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	87
15 Rendimiento de grano, peso seco total e índice de cosecha (IC) para cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	89
16 Duración de estados de crecimiento (UC), peso seco acumulado (g/.28 m ²) y porcentaje de peso seco obtenido por cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	92
17 Unidades calor por estado y rendimiento de grano por genotipo. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	94
18 Datos promedio de la humedad disponible en el suelo, peso seco acumulado y tasa relativa de crecimiento (TRC), en los dos estados de crecimiento de cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	108
19 Datos mensuales promedio de la precipitación acumulada (mm) en el año 1987 y promedio de la precipitación mensual acumulada (mm) en un período de 10 años (1976-1986). Cerralvo, N.L.	129

Cuadros del Apéndice

1 Unidades calor acumuladas por día y durante el ciclo de crecimiento de cuatro genotipos de frijol en la primera fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987. . .	149
2 Unidades calor acumuladas por día y durante el ciclo de crecimiento de cuatro genotipos de frijol en la segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987. . .	150
3 Rendimiento de grano (g/.28 m ²) obtenido en cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	151
4 Modelos de regresión lineal simple para peso seco acumulado en función de U.C. para cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	152

Cuadro		Página
5	Valores estimados para las principales características de planta, en Selección 4, evaluado en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	153
6	Valores estimados para las principales características de planta, en Phaacu-125, evaluado en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	154
7	Valores estimados para las principales características de planta, en Pinto Americano, evaluado en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987. . . .	155
8	Valores estimados para las principales características de planta, en Canario 101, evaluado en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	156
9	Modelos de regresión lineal para área foliar en función de UC para cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987. . . .	157
10	Datos observados de peso seco acumulado ($g/.28 m^2$) y velocidad de acumulación de peso seco ($g/.28 m^2$) en relación a UC para cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	158
11	Valores de TRC observada y precipitación acumulada en relación a UC para cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987. .	159
12	Valores promedio para las principales variables ambientales en función de UC, para cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra y por estado de crecimiento. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	160

INDICE DE FIGURAS

<u>Figuras del Texto</u>	<u>Página</u>
1 Estación de crecimiento para la región de Cerralvo, N.L. Datos promedio de 10 años. SII-SARH (1987).	34
2 Modelo de delimitación de sistemas socioeconómico y ecológico y sus componentes a cada nivel.	41
3 Curvas logísticas que representan la acumulación del peso seco, en función DE UC acumuladas para cuatro genotipos de frijol, en la primera fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	77
4 Curvas logísticas que representan la acumulación de peso seco, en función de UC acumuladas para cuatro genotipos de frijol en la segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno Cerralvo, N.L. 1987.	78
5 Curvas logísticas que representan la acumulación de peso seco en función de UC para cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	80
6 Curvas exponenciales polinómicas que representan el crecimiento de área foliar, en función de UC para cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	96
7 Peso seco acumulado y velocidad de acumulación de peso seco, en función de UC y porcentaje de humedad disponible en el suelo para el genotipo Selección 4, en la primera fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	100
8 Peso seco acumulado y velocidad de acumulación de peso seco en función de U.C. y porcentaje de humedad disponible en el suelo. Para el genotipo Selección 4 en la segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno, Cerralvo, N.L. 1987.	101
9 Peso seco acumulado y velocidad de acumulación de peso seco en función de UC y porcentaje de humedad disponible en el suelo para el genotipo Phaccu-125 en la primera fecha de siembra. Cerralvo, N.L. 1987.	105
10 Peso seco acumulado y velocidad de acumulación de peso seco en función de UC y porcentaje de humedad disponible en el suelo para el genotipo Phaacu-125 en la segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno, Cerralvo, N.L., 1987.	106
11 Peso seco acumulado y velocidad de acumulación de peso seco en función de UC y porcentaje de humedad disponible en el suelo para el genotipo Pinto Americano en la primera fecha de siembra, Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.	110

Figura		Página
12	Peso seco acumulado y velocidad de acumulación de peso seco en función de UC y porcentaje de humedad disponible en el suelo para el genotipo Pinto Americano en la segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987. . . .	111
13	Peso seco acumulado y velocidad de acumulación de peso seco en función de UC y porcentaje de humedad disponible en el suelo para el genotipo Canario 101 en la primer fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	115
14	Peso seco acumulado y velocidad de acumulación de peso seco en función de UC y porcentaje de humedad disponible en el suelo para el genotipo Canario 101 en la segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	116
15	Representación de TRC ($g \cdot g^{-1} \cdot UC^{-1}$) y precipitaciones (mm) en función de UC para el genotipo Selección 4 en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987. . . .	118
16	Representación de TRC ($g \cdot g^{-1} \cdot UC^{-1}$) y precipitaciones (mm) en función de UC para el genotipo Phaacu-125 en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	120
17	Representación de TRC ($g \cdot g^{-1} \cdot UC^{-1}$) y precipitaciones (mm) en función de UC para el genotipo Pinto Americano en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	123
18	Representación de TRC ($g \cdot g^{-1} \cdot UC^{-1}$) y precipitaciones (mm) en función de UC para el genotipo Canario 101 en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987. . . .	125
19	Distribución de las temperaturas máximas y mínimas presentes en el desarrollo de cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	127

Figuras del Apéndice

1	Curvas de acumulación de peso seco ($g/0.28 m^2$), velocidad ($g/UC \cdot 0.28 m^2$) y aceleración ($g/UC^2 \cdot 0.28 m^2$) del crecimiento para Selección 4 en dos fechas de siembra. La velocidad ha sido aumentada 500 veces y la aceleración 100,000. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	161
2	Curvas de acumulación de peso seco ($g/0.28 m^2$), velocidad ($g/UC \cdot 0.28 m^2$) y aceleración ($g/UC^2 \cdot 0.28 m^2$) del crecimiento para Phaacu-125 en dos fechas de siembra. La velocidad ha sido aumentada 500 veces y la aceleración 100,000. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.	162

- 3 Curvas de acumulación de peso seco ($\text{g}/0.28 \text{ m}^2$), velocidad ($\text{g}/\text{UC} \cdot 0.28 \text{ m}^2$) y aceleración ($\text{g}/\text{UC}^2 \cdot 0.28 \text{ m}^2$) del crecimiento de Pinto Americano en dos fechas de siembra. La velocidad ha sido aumentada 500 veces y la aceleración 100,000. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987. . . . 163
- 4 Curvas de acumulación de peso seco ($\text{g}/.28 \text{ m}^2$), velocidad ($\text{g}/\text{UC} \cdot 0.28 \text{ m}^2$) y aceleración ($\text{g}/\text{UC}^2 \cdot 0.28 \text{ m}^2$) del crecimiento para Canario 101 en dos fechas de siembra. La velocidad ha sido aumentada 500 veces y la aceleración 100,000. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987. 164

RESUMEN

Con el objeto de interpretar la interacción genotipo-ambiente para rendimiento de grano en frijol en términos de sus componentes, crecimiento, índices fisiotécnicos y los factores ambientales unidades calor, porcentaje de humedad disponible en el suelo y precipitación, se establecieron dos experimentos en Cerralvo, N.L. el 9 y 15 de Septiembre de 1987, bajo condiciones de temporal y con el manejo normal seguido por los productores.

El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con cinco repeticiones y los genotipos utilizados fueron Selección 4, Pinto Americano, Canario 101 y Phaacu-125; los tres primeros de Phaseolus vulgaris L. y el último de Phaseolus acutifolius Gray. Se efectuaron 10 muestreos destructivos para determinar el peso seco y área foliar, construir modelos de crecimiento, delimitar estados de crecimiento, calcular índices fisiotécnicos y determinar el rendimiento de grano y sus componentes.

En la primera fecha los cuatro genotipos fueron estadísticamente diferentes para la característica rendimiento de grano, siendo Selección 4 el que obtuvo el mayor rendimiento, seguido por Phaacu-125, Pinto Americano y Canario 101. En la segunda fecha de siembra, Phaacu-125 fue el genotipo estadísticamente de mayor rendimiento de grano, seguido por Selección 4 y Pinto Americano que fueron estadísticamente iguales. Los componentes que mostraron una mayor utilidad para explicar el comportamiento diferencial de los genotipos en las dos fechas de siembra en cuanto a rendimiento de grano fueron el número de vainas por planta para Selección 4 y Phaacu-125, mientras que en Pinto Americano y Canario 101 fue el peso de la semilla.

El peso seco acumulado de los cuatro genotipos en ambas fechas fue constante, pues la materia seca acumulada en porcentaje correspondió al 20, 60 y 20% respectivamente para el primero, segundo y tercer estado de crecimiento. La variación en el porcentaje de humedad disponible en el suelo explicó los cambios en el crecimiento y rendimiento de los genotipos, por lo que a partir de la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon, se encontró que las distribuciones probabilísticas de la precipitación en 1987 y durante los últimos cinco meses del año, estadísticamente no difieren al nivel $\alpha = 0.05$ de la distribución probabilística de una muestra de 10 años para los 12 meses del año y los cinco últimos, por lo que se consideró que las condiciones de precipitación en este año fueron representativas del promedio en Cerralvo, N.L.

Finalmente, se concluye que el comportamiento diferencial de los genotipos en cuanto a rendimiento de grano de una fecha a otra, puede explicarse no solo por la capacidad de cada uno de ellos para presentar altos pesos secos, altas tasas relativas de crecimiento y extensa área foliar, sino también por la alta capacidad de partición de materia seca que permite el incremento del número de vainas por planta y mayor peso de semilla, bajo condiciones restrictivas de humedad del suelo.

SUMMARY

In order to explain genotype x environment interaction for grain yield in dry bean cultivars, in terms of yield components, growth, physiological indexes and the environmental factors of heat units, available soil moisture (%), precipitation and extreme temperatures, two experiments were planted at Cerralvo, N.L., Mexico, in September 9th and 15 of 1987, under rainfall and the same crop management practices used by the farmers in that region. A complete randomized block design with five replications was used for testing Seleccion 4, Pinto Americano, Canario 101 (Phaseolus vulgaris) and Phaacu-125 (Phaseolus acutifolius) cultivars. Ten destructive samplings were made to determine dry weight and leaf area, to built growth models, to define growth stages, to calculate physiological indexes and to determine grain yield and its components. At the first planting date for grain yield, the four cultivars were statistically different and Seleccion 4 was the highest yielder, followed by Phaacu-125, Pinto Americano and Canario 101. At the second date of planting, Phaacu-125 was statistically the highest yielding cultivar followed by Seleccion 4 and Pinto Americano, without statistical difference between them and finally, the lowest yielder was Canario 101. Accumulated dry weight for all genotypes in both planting dates was consistent since dry matter accumulation percentage was 20, 60 and 20% respectively for first, second and final growth stages. Since moisture % variation, explained that changes in growth and grain yield none parametric statistical test of Wilcoxon was used to compare precipitations in 1987 and last five months of the year against a ten year sample, and it was found that 1987 was representative of the average distribution precipitation at Cerralvo, N.L. Finally it was concluded that the differential grain yield cultivar response from one date

of planting to another may be explained, not only by the capability to produce high dry weights, high relative growth rate and high leaf area values. but also by the high dry matter partitioning capability to increase the number of pods per plant and high seed weight under restricted water conditions.

I. INTRODUCCION

Durante 1987 se produjeron en México 805,403 toneladas de frijol en una superficie aproximada de 1'534,395 ha, localizadas desde 0 hasta 2400 msnm, dando una media de rendimiento de 52 kg/ha. Esta superficie se localiza principalmente en los estados de Zacatecas, Durango, Chihuahua, Jalisco, Guanajuato y Nayarit, en los cuales el cultivo se desarrolla en su mayor parte de temporal, según las estadísticas de SII-SARH (1987).

Incrementar el bajo rendimiento de este cultivo de importancia nacional ha sido preocupación de las instituciones de investigación agrícola; sin embargo, los enfoques de investigación han sido dirigidos a realizarla bajo condiciones controladas de invernadero y campos experimentales, siendo poco frecuente bajo las condiciones de producción de los agricultores. Por otro lado, se ha dado poco peso a interpretar las fluctuaciones en los resultados como consecuencia de las variaciones en los factores del ambiente de producción.

Nuevo León no es un estado que se distinga en la producción de frijol a nivel nacional; sin embargo, este cultivo es importante dado que se siembra para cubrir las necesidades alimenticias de las familias campesinas, así como también para completar el ingreso familiar (Guzmán, 1985).

Una de las alternativas que normalmente se realizan para incrementar el rendimiento de grano de frijol en una determinada región, es mediante la introducción de genotipos que en base a sus características pueda adaptarse a las condiciones de manejo local y hacer una adecuada explotación de los factores ambientales disponibles en esta región. Generalmente en estos ensayos en base a los rangos manejados (fechas de siembra, años,

prácticas de manejo, etc.) se presenta un comportamiento diferencial de los genotipos, como resultado de una mayor o menor expresión del potencial de éstos, dependiendo de las condiciones ambientales prevalecientes.

Con base a esta consideración es fundamental no sólo detectar las interacciones que se presenten, sino determinar las causas ambientales que las generan, esto permitirá mayor seguridad en el conocimiento de los genotipos y su respuesta en rendimiento de grano y sus componentes, como resultado de la variación de los factores ambientales relevantes en el sitio experimental con productores.

Considerando lo anterior, se planeó el presente trabajo con el objetivo de interpretar la variación en el rendimiento de grano del frijol y sus componentes, en términos de factores relevantes del ambiente que están afectando el crecimiento de este cultivo.

II. LITERATURA REVISADA Y PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS

2.1. Ambiente y adaptación.

Desde los primeros estudios en que se intentó explicar la gran diversidad de los organismos sobre la tierra, el hombre ha reconocido el importante papel que juega el ambiente en la vida, reproducción y variación de los seres vivos.

El ambiente puede considerarse como la suma de todas las condiciones efectivas que influyen en el crecimiento y desarrollo de los organismos (Klages, 1942).

Billings en 1952 citado por Wilsie (1966), establece que el ambiente comprende todas las fuerzas externas y substancias que afectan el crecimiento, estructura y reproducción de la planta y subdividió los factores del ambiente en cinco grandes grupos: climáticos, edáficos, geográficos, pírnicos y bióticos.

El mismo autor reconoció que el individuo, en este caso la planta, es el centro de un conjunto de interrelaciones complejas con todos los factores que él clasificó en los cinco grupos mencionados, a este complejo de interrelaciones le denominó el principio holocenótico, en el cual ubica al hombre como parte del ambiente.

Daubenmire (1959) considera que el ambiente de un organismo es dinámico y presenta un alto grado de complejidad. Así, el ambiente será cambiante a lo largo de la vida del organismo en cuestión, presentándose el conjunto de interrelaciones a través del tiempo, por lo que el principio de holocenosis no es estático.

Considerando que los niveles de integración ecológica son el individuo, la población y el ecosistema (Billings, 1968), se puede establecer que en cada uno el ambiente está implícito, pero yendo de un nivel de menor a mayor complejidad y a nivel de ecosistema se ha establecido que éste es autocontenido, de tal forma que la energía que entra en él o sale, es pequeña en comparación con las cantidades que circulan en él internamente, en un intercambio continuo de los elementos básicos de la vida (Turk, et al., 1976).

Considerando una especie vegetal cultivada en el concepto de holocenosis, en donde se implica al hombre como un factor del ambiente, se puede explicar el hecho que Klages (1942) considere lo que él denominó el ambiente social, así para un cultivo se puede subdividir el ambiente en dos grandes grupos de factores. El primero constituido por aquellos modificables e inmodificables por el hombre, tales como los bióticos y físicos que pueden agruparse en el aquí denominado ambiente natural. El segundo está formado por aquellos factores relacionados con la organización social que permiten tener niveles o grados de la sociedad para modificar el ambiente natural, esto es el ambiente social. Ante este conjunto de factores del ambiente natural y social surge la adaptación de las plantas cultivadas, las cuales obedecen a la selección natural y a la selección hecha por el hombre.

La adaptación se puede considerar como cualquier cambio en la estructura, fisiología o hábito de comportamiento que le permite a un organismo lidiar más efectivamente con su ambiente, de tal manera que aumenten sus posibilidades de sobrevivir. Una adaptación efectiva le permite al individuo vivir más y dejar mayor progenie (Baker y Allen, 1967).

La mayoría de organismos presentan diversas modificaciones para hacer acorde su existencia con el ambiente en que viven. Este hecho es innegable, pues si no fuera de esa manera la existencia de éstos sería imposible. En el caso de las plantas y animales presentan estructuras, modificaciones y características particulares que los capacitan para hacer una mejor explotación del ambiente en el que se desarrollan, éstas son conocidas por los ecólogos como estrategias de supervivencia.

La adaptación, en la medida en que involucre la alteración de un carácter de la especie, es una faceta de la evolución. Por lo tanto, todos los cambios adaptativos heredables, son cambios evolutivos, pero no todos los cambios evolutivos son adaptativos, debido a que la supervivencia o muerte de los individuos en las poblaciones es en cierto grado aleatoria (Wallace y Srb, 1967).

Estos dos autores al analizar la evolución del proceso de adaptación, consideran dos aspectos principales: primero, la adaptación que se da en base a un simple cambio, debido a que los individuos se adaptan a cambios específicos durante su vida, por ejemplo el fototropismo. Segundo, cuando presentan cambios permanentes que ocurren en determinadas especies a través de muchas generaciones, por ejemplo las formas actuales de seres vivos adaptados para vivir en su ambiente. Generalmente éstas sí son heredables, desarrollándose a partir de mutaciones génicas y selección natural.

La adaptación generalmente se encuentra condicionada por factores circundantes del ambiente externo, los cuales hacen factible el establecimiento y desarrollo de las especies, o bien, la muerte y extinción de éstas. Por lo tanto, es necesario reconocer que el ambiente está formado por una gran diversidad de factores, pero sólo algunos de éstos se encuentran ac-

tuando como "limitantes" en la adaptación y distribución de las especies.

Wilsie (1966) señala que la distribución y adaptación de las especies vegetales pueden explicarse principalmente en función de los factores climáticos del ambiente.

Klages (1942) considera que la adaptación y distribución de los vegetales está generalmente determinada por los factores del ambiente que se encuentran, ya sea a un nivel mínimo o máximo, de acuerdo con los requerimientos de la especie de que se trate. Además se encuentran los factores del ambiente social, que en ocasiones son más determinantes en la distribución y supervivencia de un cultivo en áreas en las cuales los factores del ambiente natural están a un nivel próximo de ser limitantes.

Evans (1980) ha establecido que la adaptación de los cultivos a nuevas áreas ha sido determinante en la dispersión de las especies y en el incremento del rendimiento de los cultivos, pero sobre todo, la adaptación mediante selección artificial de nuevos genotipos, o nuevas prácticas agronómicas ha sido la principal causa que permite explicar el nivel de rendimiento actual respecto al existente al principio de siglo o al iniciarse la agricultura.

Los antecedentes anteriores permiten concluir que la adaptación de una especie cultivada en particular es el resultado de su evolución antes de la domesticación. El ambiente antes de la domesticación sólo era natural, al momento en que el hombre inicia la domesticación de la especie en cuestión, se inicia la modificación del ambiente natural y del genotipo, siendo estas modificaciones pequeñas o grandes dependiendo del desarrollo de la capacidad social para efectuarlos, esto es, surge el ambiente social.

El "frijol" es un conjunto de especies, las cuales actualmente se pueden considerar como el resultado de la acción conjunta de factores del ambiente natural y del ambiente social. Las especies cultivadas de frijol son Phaseolus vulgaris L., Phaseolus coccineus, Phaseolus lunatus y Phaseolus acutifolius, de las cuales el más ampliamente sembrado en México es Phaseolus vulgaris L., el cual se ha considerado que evolucionó de Phaseolus aborigineus (Eangleman, 1979).

Phaseolus vulgaris se encuentra ampliamente diseminado en todo el territorio nacional en muy diversos ambientes naturales; se le localiza desde las zonas del semidesierto del norte, hasta las selvas tropicales, en regiones al nivel del mar hasta altitudes de 3000 msnm, prosperando en suelos ácidos con pH de 4 hasta suelos alcalinos con pH de 8.5, en los cuales se llegan no obstante a manifestar problemas de clorosis férrica.

En cuanto al ambiente social, Phaseolus vulgaris es una especie obligada en México en los sistemas de producción ubicados en la agricultura de subsistencia y tradicional, sembrándose también en agricultura moderna con tecnología altamente desarrollada.

Debido a la gran diversidad cultural en México, se dan preferencias por ciertos tipos de frijoles en amplias regiones del país; por ejemplo los frijoles negros opacos son preferidos en la región del Golfo de México, mientras que los frijoles pintos en el noreste y norte del país, los bayos en la parte central y los azufrados en la costa del Pacífico.

Es evidente que Phaseolus vulgaris L. presenta cultivares que ecológicamente se adaptan a condiciones específicas de ambiente natural y social y el comportamiento diferencial de estos cultivares que no es otra cosa que

la interacción genotipo x ambiente, debe interpretarse a la luz de los factores más relevantes del ambiente de producción (Valdés, 1987).

Por lo anterior, en estudios como el presente es necesario describir los factores del ambiente natural y los factores del ambiente social que afectan en este caso al frijol y cómo se dan estos factores en el área de estudio.

2.2. Factores del ambiente natural.

La mayoría de organismos en el ambiente natural se hallan sujetos a una serie de fuerzas ambientales, las cuales pueden ser biológicas o físico-químicas. En las primeras se puede considerar el ataque o competencia de organismos vivos como plagas, malezas, enfermedades, etc.; en las segundas se tiene a la temperatura, agua, viento, radiación, sustancias químicas, etc. (Levitt, 1980).

Estos factores del ambiente natural, o de acuerdo con Klages (1942) del ambiente fisiológico, se pueden agrupar como factores bióticos y abióticos que afectan el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Cada uno de estos factores no actúan aisladamente, por lo que la resultante en la acción de todos estos factores es una constante interacción, en la que cada factor afecta y a la vez es afectado por el resto de los componentes del sistema (holocenosis) (Billings, 1968).

Sin embargo, para el estudio de estos factores y su descripción es necesario separarlos, por lo que a continuación se describen aquellos factores del ambiente natural reconocidos como importantes en el desarrollo del frijol, a saber: temperatura, luz, agua, la interacción de éstos y el suelo.

2.2.1. Temperatura.

2.2.1.1. La temperatura en el crecimiento y desarrollo. La temperatura es uno de los factores ecológicos más conocidos por sus efectos que ejerce sobre los organismos vivientes. Es un factor fácilmente medible; su influencia es casi universal y frecuentemente, limitante para el crecimiento y distribución de plantas y animales (Wilsie, 1966).

Es cierto también que el régimen de temperatura determina en una región dada, el que ciertos cultivos puedan adaptarse o no. Cuando una zona responde a las exigencias climáticas dictadas por su fenología, son los régimenes de temperatura y de radiación los que imponen un límite de productividad de los cultivos. Ello se debe a que la selección natural y el fitomejoramiento han forzado los procesos fisiológicos de los cultivos a operar a un ritmo sólo dentro de cierto rango de temperaturas (FAO, 1981).

Respecto a esto Klages (1942) consideró que cada especie vegetal tiene un rango de temperaturas críticas (temperaturas cardinales) que definen los requerimientos de calor necesario para su crecimiento y desarrollo. Estas temperaturas cardinales incluyen a la mínima, máxima y óptima. Siendo variable este rango de temperaturas para cada cultivo, debido a que cada etapa fenológica presenta sus propios requerimientos de temperatura.

Wilsie (1966) establece que el rango de temperaturas bajo el cual las especies vegetales pueden sobrevivir varía de 0 a 50°C, lo cual es en algunos casos variable por las condiciones imperantes en los habitats donde se desarrollan las plantas. No obstante y salvo algunas excepciones, la producción de cultivos ocurre donde las temperaturas medias del período de crecimiento varía entre 10 y 40°C.

Existen algunas evidencias en las que se demuestra que el desarrollo de los cultivos puede ser expresado más correctamente en función de la acumulación de calor (temperatura), que en función del transcurso del tiempo (Flores et al., 1985 y Bertalanffy, 1984).

Abbe en 1905 citado por Wilsie (1966) y Hodges y Doraiswany en 1976 citados por Villalpando (1983), señalaron que en general, un cultivo alcanzará una cierta etapa fenológica cuando haya acumulado una cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo requerido para ello, suponiendo que en cada estado de crecimiento se requiera de una cantidad definida de calor, expresada en forma de acumulación de calor (U.C.).

Van Hemst (1986) señaló el efecto de la temperatura sobre la tasa relativa de crecimiento (TRC), al considerar que después de 20°C la TRC se mantiene constante al irse aumentando la temperatura, hasta llegar a un punto en el cual se decrece la TRC.

En el caso de frijol, Flores, et al. (1985) obtuvieron coeficientes de correlación de hasta .99 al relacionar el desarrollo fenológico de este cultivo con la acumulación de calor medido a través del índice de unidades calor.

En el cultivo de frijol se han reconocido en México dos especies de importancia económica, Phaseolus vulgaris L. o frijol común y Phaseolus coccineus L. frijol ayocote. Otra especie encontrada en el suroeste de los E.U.A. y norte y noreste de México es Phaseolus acutifolius variedad latifolius frijol Tepary. Estas tres especies tienen requerimientos diferentes de temperatura y humedad. Phaseolus vulgaris L. es la especie más utilizada y consecuentemente más ampliamente distribuida a regiones con tempera-

Existen algunas evidencias en las que se demuestra que el desarrollo de los cultivos puede ser expresado más correctamente en función de la acumulación de calor (temperatura), que en función del transcurso del tiempo (Flores et al., 1985 y Bertalanffy, 1984).

Abbe en 1905 citado por Wilsie (1966) y Hodges y Doraiswany en 1976 citados por Villalpando (1983), señalaron que en general, un cultivo alcanzará una cierta etapa fenológica cuando haya acumulado una cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo requerido para ello, suponiendo que en cada estado de crecimiento se requiera de una cantidad definida de calor, expresada en forma de acumulación de calor (U.C.).

Van Hemmst (1986) señaló el efecto de la temperatura sobre la tasa relativa de crecimiento (TRC), al considerar que después de 20°C la TRC se mantiene constante al irse aumentando la temperatura, hasta llegar a un punto en el cual se decrece la TRC.

En el caso de frijol, Flores, et al. (1985) obtuvieron coeficientes de correlación de hasta .99 al relacionar el desarrollo fenológico de este cultivo con la acumulación de calor medido a través del índice de unidades calor.

En el cultivo de frijol se han reconocido en México dos especies de importancia económica, Phaseolus vulgaris L. o frijol común y Phaseolus coccineus L. frijol ayocote. Otra especie encontrada en el suroeste de los E.U.A. y norte y noreste de México es Phaseolus acutifolius variedad latifolius frijol Tepary. Estas tres especies tienen requerimientos diferentes de temperatura y humedad. Phaseolus vulgaris L. es la especie más utilizada y consecuentemente más ampliamente distribuida a regiones con tempera-

turas contrastantes. Phaseolus coccineus L. está confinada a los valles de la Mesa Central, donde la temperatura es relativamente más baja y con mayor humedad que en las áreas donde se encuentra la primera especie. Phaseolus acutifolius se halla distribuido en áreas más secas y con temperaturas altas durante su ciclo, localizándose a altitudes de hasta 1650 msnm (Janick, et al. 1974; Montoya, 1985).

A continuación se presentan algunas observaciones de los requerimientos térmicos del frijol, particularmente en Phaseolus vulgaris L.

La mayoría del germoplasma de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en América Latina, se siembra dentro de los límites de temperatura de 18 a 25°C, fuera de los cuales la temperatura actúa como limitante de los procesos fisiológicos y consecuentemente de la adaptación (CIAT, 1982).

Guazzelli (1978) y Coertze (1981) analizaron por separado las exigencias climáticas reales del frijol, considerando entre éstas a la temperatura. Coinciden en establecer que para obtener rendimientos favorables en este cultivo, es necesario contar con temperaturas diarias de 16 a 21°C.

Nyujto (1969) realizó algunos ensayos de campo en frijol, encontrando que la producción de este cultivo es altamente afectado por la temperatura. Debido a que con temperaturas diarias de 15°C el período de siembra a cosecha fue de 70 días, mientras que con temperatura media de 22°C el ciclo fue de 53 días, teniendo mayor efecto la temperatura sobre la germinación y floración que en la maduración.

Villiers, et al. (1974) efectuaron estudios en ambiente controlado para investigar el efecto de las temperaturas del día y noche. Los rangos utilizados fueron 35 y 25°C; 30 y 20°C, 25 y 15°C, respectivamente, en la

germinación, desarrollo y reproducción de 11 cultivares de frijol. El número de hojas, área foliar total y peso de raíz seca por planta fueron mayores a temperatura de 30°C en día y 20°C en la noche. La floración se inició más temprano a las más bajas temperaturas; el número de flores por planta y el número de vainas desarrolladas fueron mayores a temperatura de 30°C en el día y 20°C durante la noche.

Estudios similares fueron realizados por Stobbe, et al. (1977) los cuales utilizaron rangos de 24 y 15.5°C; 29.5 y 21°C; 35 y 26.5°C respectivamente, con el objeto de medir los patrones de floración y formación de vainas. Estos autores encontraron que una mayor proporción de flores formaba vainas en plantas de ciclo tardío y el número de flores y vainas fue mayor en el tratamiento de 29.5°C en el día y 21°C en la noche, coincidiendo con las temperaturas reportadas por Villiers, et al.

2.2.1.2. Sensibilidad a bajas temperaturas. Uno de los factores limitantes en la distribución geográfica de las plantas es la baja temperatura (Garber en 1979 citado por Aguilar, 1985). Algunas plantas tienen capacidad para recobrase y protegerse contra los efectos causados por las bajas temperaturas; mientras que otras carecen de esta capacidad y son rápidamente dañadas en forma irreversible por corta exposición al frío.

La sensibilidad de las plantas a las bajas temperaturas y la cantidad y severidad de daño, dependen en gran extensión de las condiciones fisiológicas condicionadas por el estado de crecimiento de las plantas y de otras condiciones ambientales; por ejemplo, nutrición mineral, humedad y reserva de alimentos, con lo cual se ayuda a tolerar las bajas temperaturas (Treshow, 1970).

El mismo autor establece que el daño por bajas temperaturas ocurre cuando una planta emite más energía de la que absorbe. Esta pérdida de energía puede bajar la temperatura de la planta críticamente al presentarse cualquiera de los siguientes casos: a) pérdida de energía por conducción, ocurre cuando el aire circundante es frío, tanto o más aún que la planta misma; b) pérdida por radiación, ocurre con el paso de la energía en la atmósfera por las superficies calientes de las plantas.

En el medio natural se observa que las especies vegetales presentan diversos grados de resistencia a las bajas temperaturas. Las plantas que más resisten normalmente experimental congelamiento extracelular, el cual puede o no dañar la planta, dependiendo de la especie. Por ejemplo, los cereales de invierno soportan congelamientos extracelular hasta de -25°C mientras que otras plantas como frijol (Phaseolus vulgaris L.) muere entre -1 y -3°C por ser una especie poco tolerante a las bajas temperaturas.

Went en 1957 citado por Escalante (1986) encontró que en frijol al tenerse temperaturas bajas en el día se retrasa el inicio de la floración, pero se incrementa el número de flores.

Resultados similares fueron obtenidos en el CIAT (1979) donde se estudió el comportamiento de materiales de frijol en dos regímenes extremos de temperatura (12 a 18°C y 25 a 37°C), encontrando que el inicio de floración y madurez fisiológica se retardaron con las temperaturas bajas y aumentaron su rendimiento, al compararse con los materiales sembrados en el rango alto de temperatura.

Farlow, et al. (1981) encontraron una reducción en el desarrollo de las semillas y vainas de la habichuela cultivar Red Land Pioneer, con tra-

tamientos de temperatura por debajo de los 21°C. Con temperaturas mayores a 13.9°C, las semillas sin desarrollar se distribuyen uniformemente dentro de las vainas, lo cual se atribuye a la deficiencia de gametos femeninos. A 13.9°C hay restricción de semillas desarrolladas hacia la punta estigmática de la vaina. Con temperaturas abajo de los 13.9°C, el número de semillas sin desarrollar se incrementó significativamente, con ningún desarrollo de semillas a 10°C, lo cual se debió a un crecimiento inadecuado del tubo polínico.

Austin y MacLean (1972) encontraron que la tasa de fotosíntesis expresado en base al área foliar, fue más baja para las plantas cultivadas a bajas que a altas temperaturas. Este efecto se atribuyó a un deterioro en la capacidad de fotosíntesis y a una reducción en la captación de la energía radiante por las hojas. La tasa de asimilación neta en las plantas a bajas temperaturas se reduce aún más porque su área foliar específica era menor.

Considerando la información anterior, puede concluirse que el frijol es una planta con poca tolerancia a las bajas temperaturas, siendo su efecto más drástico durante la formación de estructuras reproductivas. Sin embargo, la incidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo de frijol repercute en el retraso de las etapas fenológicas de este cultivo.

2.2.1.3. Sensibilidad a altas temperaturas. Las plantas en general están pobremente adaptadas a resistir los déficits impuestos por las altas temperaturas, llegando a tolerar raramente temperaturas mayores a 35°C. Cuando se presentan temperaturas extremas suficientes para matar el protoplasma se puede inhibir el crecimiento, deteriorar el vigor y suspender la producción de los cultivos.

Las altas temperaturas son un factor limitante en la producción de los cultivos en climas semiáridos y áridos, estando el límite de muerte termal para las células activas de la mayoría de especies vegetales entre 50 y 60°C, lo cual varía con el tipo de especies que se trate, la edad de los tejidos y el tiempo de exposición a las altas temperaturas (Wilsie, 1966).

Levitt (1951) al discutir el efecto de las altas temperaturas sobre el crecimiento de los vegetales, establece que la temperatura de las hojas debe mantenerse en algunos grados abajo de la temperatura normal del aire, de esta manera evitan exponerse a temperaturas altas pronunciadas, evitando así la desecación.

Respecto a lo anterior, Wilsie (1966) considera que el daño a los vegetales por altas temperaturas se presenta en forma directa o indirecta. En forma directa las altas temperaturas producen lesiones en los tallos y quemaduras; en los efectos indirectos se presenta una disminución de la fotosíntesis aparente a medida que aumenta la respiración.

Treshow (1970) considera que la resistencia a las altas temperaturas puede aumentar por un gradual proceso de deshidratación. Asimismo, especifica que una protección efectiva contra los daños ocasionados por las altas temperaturas la logran las plantas, mediante características como el depósito de una capa cerosa en la superficie de la epidermis, orientación de las hojas, desarrollo de pubescencia y una elevada proporción de transpiración.

En el caso del frijol (Phaseolus vulgaris L.), al momento de presentarse situaciones de déficit por altas temperaturas, la planta tiende a orientar las hojas directamente hacia los rayos solares, evitando así absorber

grandes cantidades de energía. Aparte de contar también con una capa de cutina gruesa en las hojas.

Mascorro y Kohashi (1981) estudiaron en cámaras de crecimiento el comportamiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con la variedad Cacahuete 72 a temperaturas diurnas y nocturnas de 25 y 15°C, 25 y 20°C y 25 y 25°C, respectivamente, encontrando que el período de floración se mantuvo constante en los tres rangos de temperatura, no así para el inicio de floración final de floración, madurez fisiológica, período de inicio de floración a madurez fisiológica, ya que tuvieron menos días en la temperatura de 25 y 25°C en el día y noche, respectivamente. Además a mayores temperaturas se tiene mayor número de flores y vainas, pero menor número y peso seco de semillas.

Cordner en 1933 y Mack y Singh en 1969 citados por Escalante (1986) indican que la abscisión de flores en frijol está asociada con las altas temperaturas y que el porcentaje de formación de flores y el número y peso de vainas en el frijol se disminuye cuando se presentan temperaturas mayores a 38°C durante la floración.

Escalante (1986) señala que el período de floración no es afectado por la temperatura, no así la fenología y el rendimiento de la planta, encontrando que a mayor temperatura menor número de días de desarrollo de la planta y menos rendimiento.

Considerando los trabajos anteriores, es posible concluir que el frijol puede considerarse como una planta sensible a las altas temperaturas debido a que la mayoría de sus procesos fisiológicos presentan un aceleramiento o inhibición al presentarse estas condiciones.

En el noreste de México se recomienda la siembra de frijol a partir del mes de Julio; cuando la siembra de frijol se realiza en el mes de Marzo, los rendimientos se reducen en un 50 a 60%. Esto ha sido explicado por la fuerte caída de flor que se presenta al coincidir la floración con los meses de altas temperaturas diurnas (Mayo y Junio) (Valdés, 1987).

2.2.1.4. Unidades calor. Para explicar el crecimiento de los cultivos como función de la temperatura, se ha recomendado la utilización de parámetros agroclimáticos, tales como unidades calor, unidades frío, etc. (Villalpando, 1983).

De esta manera, el uso de la temperatura nos refleja un buen significado en el desarrollo de los cultivos.

Abbe en 1905 citado por Wilsie (1966) indicó que una planta alcanza un estado determinado de desarrollo cuando ha recibido una cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo requerido para ello. Suponiéndose que en cada estado sucesivo de crecimiento se requería una cantidad definida de calor, expresada generalmente en forma de unidades térmicas.

Sobre este concepto, Villalpando (1983) establece que el crecimiento y desarrollo de un cultivo dependen de la cantidad de calor que las plantas reciben. Esto quiere decir que un cultivo alcanzará una determinada etapa fenológica cuando haya recibido cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo requerido para ello.

Ortiz (1987) analizando el efecto de la temperatura sobre el desarrollo de los cultivos, considera que es muy factible relacionar las unidades calor con las etapas fenológicas, sugiriendo que por medio de las unidades

calor es posible calendarizar la aparición de las diferentes etapas de crecimiento de una planta.

Para el cálculo de las unidades calor, Villalpando (1983) menciona las tres formas básicas siguientes: exponencial, fisiológico y residual, ésta última fue utilizada en el presente estudio, a continuación se presenta el calculo de unidades calor por este método.

Residual. Este índice acumula unidades calor arriba de una cierta temperatura base.

La fórmula es:

$$U.C. = \frac{T.máx. + T.mín.}{2} - T \text{ base}$$

Donde:

U.C. = Unidad calor

T.máx. = Temperatura máxima diaria

T.mín. = Temperatura mínima diaria

T.base. = Temperatura base (dependiendo del cultivo).

Wilsie (1966) considera que el concepto de unidades calor presenta ciertas limitaciones, aún y cuando éste se puede considerar como uno de los factores más importantes en la determinación del grado de desarrollo respecto al estado de madurez, es necesario considerar para casos de predicción o estimación el efecto de otros factores del ambiente natural como la fertilidad del suelo, altitud, latitud, intensidad de luz solar, tipo de suelo, etc.

Las consideraciones anteriores nos indican que el término "Unidades Calor" es una manera a partir de la cual se refleja el efecto de la tempera

tura en el crecimiento y desarrollo de los vegetales, siendo de gran utilidad para caracterizar especies y variedades en base a los requerimientos de calor necesarios para cada etapa de crecimiento. Sin embargo, y en base a la variación encontrada en los resultados al utilizar este concepto en el crecimiento de los vegetales, su estudio ha sido limitado y en frijol hay poca información al respecto.

Kish, et al. (1979) realizaron un estudio para verificar la exactitud del sistema de unidades calor en la predicción de la época de madurez de la habichuela (Phaseolus vulgaris L.), encontrando que este método es dudoso por la predicción de la madurez en tres siembras con variedades tipo "harvester" y "tendercrop". Además se detectó el efecto de otros factores ambientales, principalmente humedad con temperatura afectando la madurez de este cultivo.

Robertson y Frazier en 1978 citados por Chan (1985) establecen que el frijol requiere de 1800 U.C., calculadas por el método residual, para completar su desarrollo total.

2.2.1.5. Temperatura en Cerralvo, N.L. Las temperaturas máximas y mínimas presentes en el año en el que se desarrolló el experimento se localizan en el Cuadro 1.

Puede apreciarse que en función de la temperatura, el cultivo puede estar libre de bajas temperaturas de Marzo a Noviembre, pudiendo reducirse el crecimiento por bajas temperaturas a partir de la segunda quincena de Noviembre.

Sin embargo, en esta región se presentan daños causados por altas tem

Cuadro 1. Valores promedio por cada cinco días de los principales características ambientales en el municipio de Cerralvo, N.L. S.A.R.H. 1987.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temp. Máx. Mensual	26.4	26.4	21.42	23.0	32.4	38.4	39.8	37.25	31.0	31.5	31.7	23.8
	21.8	20.4	23.2	18.0	28.0	29.4	37.2	38.8	35.2	32.0	27.4	27.0
	15.4	26.2	18.0	32.0	28.8	32.2	37.0	41.0	38.2	21.8	22.8	26.2
	14.2	20.2	28.0	37.1	32.4	37.4	36.8	40.6	14.2	30.4	22.6	16.6
	14.0	17.0	29.0	25.4	31.8	35.8	37.0	37.4	29.2	27.6	27.6	21.3
	23.6	21.0	20.16	31.2	32.0	36.4	30.8	37.36	32.0	21.3	19.8	12.2
\bar{X}	18.3	21.7	23.3	27.8	29.3	33.8	36.4	38.7	33.3	32.0	25.3	21.2
S	4.23	3.7	4.4	6.9	5.1	3.2	3.0	1.7	3.2	2.3	4.3	5.6
Temp. Mín. Mensual	7.2	14.2	7.12	7.4	19.8	18.8	22.2	21.8	20.0	15.4	16.4	8.72
	9.4	4.24	2.58	10.0	16.8	20.2	22.4	21.6	21.2	20.2	14.8	13.4
	6.8	12.4	8.46	14.8	17.4	20.4	21.6	22.4	20.8	17.4	14.2	11.4
	5.2	8.41	14.2	16.4	20.6	22.0	22.8	22.8	21.2	16.2	10.16	8.8
	5.0	2.05	15.2	15.8	21.0	22.6	21.0	21.2	18.6	17.2	10.1	8.9
	9.8	11.66	8.53	16.4	21.16	20.6	21.16	21.16	20.2	16.6	5.2	0.55
\bar{X}	7.2	8.8	9.34	13.4	19.5	20.8	21.9	21.8	20.3	17.2	11.8	8.6
S	2.02	4.83	4.69	3.82	1.89	1.36	.719	.658	.985	1.65	4.12	4.37
Evaporación	12.8	15.3	16.3	20.6	24.4	27.3	29.2	30.2	26.8	24.6	18.5	14.9
	2.66	3.18	2.38	2.2	3.58	4.45	4.88	5.32	2.52	3.16	3.0	2.10
	2.30	2.66	2.85	2.62	2.36	2.58	2.66	2.84	3.22	2.98	3.68	2.50
	5.49	2.98	2.54	2.54	2.19	2.40	2.55	2.72	2.94	2.86	2.72	2.80
	4.09	3.44	3.0	3.26	2.12	2.17	2.19	2.22	2.72	3.0	2.66	3.18
	2.86	6.76	3.07	2.34	2.81	5.49	3.9	8.18	2.56	2.26	2.59	2.24
\bar{X}	2.60	2.73	2.90	3.27	2.48	2.97	3.21	3.46	2.66	2.65	2.12	2.45
S	3.33	3.62	2.79	2.705	2.59	3.34	3.23	4.12	2.77	2.81	2.79	2.54
	1.22	1.56	.2715	.458	.5430	1.328	1.00	2.26	.265	.321	.518	.392
Precipitación acumulada	0	0.10	0	1.5	7.1	4.2	0	0	83.9	0	0	0
	0	4.2	0	4.4	24.9	124.9	0	0	0	0	8.7	0
	7.8	-	21.0	0	9.0	26.4	0	0	0	0	1.1	0
	0	8.4	0.2	0	3.6	0	11.0	0	1.5	0	0	3.0
	11.4	6.8	15.5	5.2	69.1	0	0	25.8	15.4	13.4	0	2.4
	0	15.5	0	0	1.0	0	36.4	116.5	1.4	0	8.8	0
\bar{X}	19.2	35.0	36.7	11.1	114.7	155.5	47.4	142.3	102.2	13.4	18.6	5.4
	.64	1.25	1.18	.37	3.7	5.01	1.52	4.59	3.40	0.43	0.62	0.17

peraturas cuando el cultivo es establecido en el ciclo temprano (Marzo-Julio), durante el cual se tiene una coincidencia de la floración con las altas temperaturas del mes de Mayo y Junio, ocasionando la caída de flor y la pérdida del rendimiento hasta en un 60 a 70% (Valdés, 1988. Comunicación personal).

Generalmente, la siembra de este cultivo se realiza durante el ciclo tardío (Julio-Noviembre) debido a que en este período se presenta la mayor precipitación del año, siendo las temperaturas presentes durante este ciclo altas al inicio del crecimiento del cultivo y bajas a medida que avanza el desarrollo de la planta, presentándose así la floración bajo condiciones benignas de temperatura.

En siembras tempranas del ciclo tardío, el efecto de bajas temperaturas al final del ciclo del frijol no presenta problema para los productores en esta región, pues para la segunda quincena del mes de Noviembre ya se cuenta con una plena madurez fisiológica en el cultivo; sin embargo,

ción o fotoperíodo.

Las plantas presentan ciertas características mediante las cuales se pueden adaptar a la variación existente de la energía radiante en el medio natural. En ocasiones se tienen modificaciones debidas a la intensidad de la luz que se presenta durante el ciclo de crecimiento. Un ejemplo de esto pueden ser las plantas de ornato, las cuales se adaptan a la sombra, desarrollando superficies foliares extensas y una alta concentración de clorofila; por el contrario, una planta expuesta a fuerte radiación, desarrolla un sistema ineficiente de transporte de agua y hojas con abundantes cloroplastos (Treshow, 1970).

En el caso del frijol (Phaseolus vulgaris L.), al presentarse condiciones de alta intensidad luminosa, las plantas efectúan movimientos para exponer o evadir la superficie foliar a la incidencia de la luz, retornando posteriormente a su posición original.

Estudios realizados en este aspecto fueron conducidos por Wien y Wallace (1972) los cuales midieron el efecto de la luz sobre el cambio del ángulo de los folíolos de hojas en cuatro cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.), encontrando que el receptor de la luz y el sitio de respuesta eran el pulvínulo en la base de cada folíolo. De esta manera al presentarse una fuente de luz lateral, los folíolos se orientaban de manera que pudieran interceptar más energía lumínica, de la misma forma cuando la fuente de luz se aplicaba directamente sobre ellos, los folíolos se orientaban de manera que pudieran interceptar menos energía.

Verbelen y De Greef (1979) estudiaron el desarrollo de las hojas primarias de frijol en la obscuridad y bajo luz blanca continua durante 14 días, después de la siembra. Encontrando que la luz tiene un doble efecto

sobre el desarrollo foliar; activando la división celular e induciendo la expansión celular.

Magalhaes, et al. (1971) concluyeron que bajo condiciones de alta radiación solar (400 a $500 \text{ cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$) se estimula el aumento en la tasa de crecimiento y alta producción de semilla debido a sus efectos sobre el aumento del índice de área foliar que influye sobre el tamaño del sistema fotosintético en frijol.

Con base a lo anterior, se puede considerar a la luz como la energía efectiva requerida durante el proceso de fotosíntesis y en el caso de frijol su acción es determinante en el tamaño y distribución del aparato fotosintético, repercutiendo de esta manera tanto en el peso seco final como en el rendimiento de grano obtenido.

2.2.2.2. Sensibilidad al fotoperíodo. La tasa de desarrollo fisiológico de la planta como reacción a la duración de la luz del día, es un importante determinante del rendimiento y la adaptación. La mayoría de las plantas son sensibles al fotoperíodo, de manera que entre más se retrase la floración, mayor es el período entre siembra y cosecha.

En el CIAT (1981) más de 500 genotipos fueron evaluados para sensibilidad al fotoperíodo, aproximadamente el 40% resultó con insensibilidad al fotoperíodo. Apareciendo de igual manera en los hábitos de crecimiento existentes, así como también en los precoces y tardíos.

Concluyen que la sensibilidad al fotoperíodo es probablemente menos importante cerca del trópico, ya que la longitud del día no cambia de época a época. A latitudes altas, la importancia de la insensibilidad al fotoperío-

do aumenta debido a que los tipos sensitivos en frijol toman más tiempo en florear y no maduran a tiempo, estando el crecimiento limitado por las bajas temperaturas.

En el CIAT (1985) se realizó una investigación en tres localidades de Colombia con temperaturas contrastantes. Encontrando que la temperatura en combinación con el fotoperíodo afectan el tiempo de floración el el frijol. Las temperaturas más cálidas aceleran la floración y maduración, mientras que las temperaturas bajas en general retrasan la floración en las variedades sensibles. Por lo tanto, la respuesta al fotoperíodo es más crítico en áreas cálidas que en áreas frías.

Ojehomon, et al. (1968) realizaron un ensayo para determinar el efecto del fotoperíodo de 11, 13 y 15 horas sobre el desarrollo floral de cinco variedades determinadas de frijol (Phaseolus vulgaris L.), encontrando que la acción del fotoperíodo de 15 horas dió lugar a la abscisión de yemas florales del eje principal y de las ramas secundarias.

En el CIAT (1975) se sometió la variedad de frijol Porrillo Sintético (sensible al fotoperíodo) a fotoperíodos entre 13 y 19 horas, retardándose la floración hasta en seis días. Esto aumentó el rendimiento, número de semillas y peso seco total de materia seca, al compararse con plantas testigo de la misma variedad bajo un fotoperíodo normal de 12:30 horas.

La respuesta del frijol a la duración del día puede darse en el caso de cultivares fotosensibles, en término de caída de yemas florales o alargamiento del ciclo, el cual de ocurrir en ausencia de abscisión de yemas, puede incrementar el rendimiento de grano.

2.2.2.3. La luz en Cerralvo, N.L. El fotoperíodo que se presentó en Cerralvo fue de 12:49; 12:10; 11:51 y 11:13, respectivamente para Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre. Lo anterior da un rango de 13 a 11:50 horas luz durante el período de crecimiento del cultivo. Los genotipos sembrados en el área están adaptados al fotoperíodo local, ya que no se observan retardos en la floración, abscisión de yemas florales, etc., por lo que el factor luz no se puede considerar como un factor limitante en la adaptación y producción de frijol en Cerralvo, N.L.

2.2.3. Agua.

El agua es indispensable para la producción de los cultivos, siendo una fuente de ella la precipitación pluvial, la cual puede fluctuar presentándose condiciones de déficit o exceso. A continuación se presentan algunas consideraciones sobre la precipitación, la respuesta de la planta de frijol a los déficits hídricos y la situación de este factor ambiental en Cerralvo, N.L.

2.2.3.1. Precipitación. La precipitación es la cantidad de agua recogida en forma de lluvia, nieve y granizo. Esta cantidad de agua se puede expresar como la altura de una capa de agua que se forma sobre el suelo completamente horizontal e impermeable, suponiendo que sobre dicha capa no se produce ninguna evaporación.

Treshow (1970) señala que la precipitación, en cualquiera de las formas en que se presente, se encuentra estrechamente interrelacionada con la temperatura en una fuerte influencia en el desarrollo de las plantas. Constituye además, la principal fuente de agua para las plantas terrestres no cultivadas. La cantidad total de precipitación se encuentra en esta forma

disponible y la distribución anual determina el tipo y distribución de plantas que se encuentran establecidas en las diferentes áreas.

De la precipitación total que se encuentra disponible para las plantas en la humedad del suelo, una gran cantidad se pierde por evaporación, lixiviación y transpiración. Por lo que para cuantificar la efectividad de la precipitación, se deben tomar en cuenta todas estas condiciones.

Para realizar una utilización efectiva de la humedad disponible, las plantas poseen distintas y características modificaciones estructurales que distinguen a la flora de cada ambiente. Las adaptaciones encontradas en las plantas del desierto incluye un profundo y extensivo sistema de raíces, tejidos fibrosos y hojas pequeñas; teniendo además colores gris verdoso y textura dura, con una capa de cutícula gruesa (Treshow, 1970).

En frijol se han dado diversas adaptaciones para prosperar bajo diferentes niveles de precipitación. Así, se encuentra frijol sembrado en regiones con precipitación durante el ciclo del cultivo que van desde 2000 mm hasta 150 mm, correspondiendo a cada condición de precipitación especies o variedades específicamente adaptadas. Entre las adaptaciones más conspicuas en frijol, está el hábito de crecimiento de guía y de mata, asociándose en términos generales el primero con siembras de temporal en regiones con pre cipitación superior a los 600 mm y el segundo en regiones con precipitación inferior a esta precipitación, en virtud de estar correlacionado el hábito de crecimiento de mata con precocidad (Valdés, 1987).

2.2.3.2. Importancia del agua en el crecimiento y desarrollo. La distribución de los vegetales en la superficie de la tierra está controlada por la disponibilidad de agua, más que por otro factor aislado (Kramer, 1974; FAO,

1981).

Su importancia radica en que interviene afectando los procesos fisiológicos y las condiciones internas de los vegetales. Además, cerca del 80 al 90% del peso fresco de la mayoría de plantas herbáceas y más del 50% de plantas leñosas se encuentran constituidas por agua.

El agua no solamente constituye la materia prima de la fotosíntesis, sino que también participa como reactivo en sus transformaciones, lo mismo que en otras numerosas reacciones del metabolismo vegetal. Así también actúa como disolvente para la mayoría de compuestos orgánicos e inorgánicos que participan en el metabolismo (Kramer, 1974).

Los requerimientos de agua por las plantas varía de acuerdo a las especies o variedades de que se trate. La capacidad de tolerancia a la escasez o exceso de agua, durante sus diferentes etapas fenológicas es variable, por lo que cada individuo vegetal presenta diferente sintomatología, según sus necesidades hídricas y épocas en que se presenta la falta o exceso de agua (Campos, 1982).

En el caso del frijol (Phaseolus vulgaris L.) durante muchos años de experimentación se ha observado que al presentarse déficits de humedad, estas plantas tienden a repercutir o bloquear algunas de las etapas fenológicas de su desarrollo (CIAT, 1980).

Kohashi (1979) considera que entre los factores del ambiente, el nivel de humedad aprovechable en el suelo representa una gran influencia en el rendimiento final obtenido por materiales de frijol.

Mojarro (1977) citado por Kohashi (1979) sometió plantas de frijol a

períodos de sequía en la última etapa del período vegetativo, encontrando que la longitud de entrenudos del tallo principal, el número de ramas, el vigor de la planta, el número de flores, número de vainas y el rendimiento son fuertemente afectados al presentarse estos períodos de sequía.

Magalhaes, et al. (1978) realizaron un estudio de la respuesta fenológica del frijol al déficit de agua. Proporcionando períodos con escasez de agua en etapas específicas de crecimiento de la planta. De las etapas contempladas, la floración fue el período más crítico para resistir el déficit hídrico, debido a que la producción se disminuyó en un 36.85%. Al iniciarse la floración un déficit de agua ocasionó una disminución en el rendimiento de 20.4%. Al principio y en las últimas etapas de la formación de frutos. Un déficit hídrico ocasionó un 24% de disminución en el rendimiento.

Serrano (1963) estudió los cambios diurnos en los sólidos solubles, la tasa de respiración y los cambios cualitativos en sucrosa, fructuosa y glucosa en materiales de frijol tolerantes y susceptibles a la sequía, cultivándolo en varios niveles de humedad en el suelo. Phaseolus acutifolius Gray variedad Tepary Buff, que es tolerante a la sequía, presentó el mejor porcentaje de sólidos solubles en las hojas jóvenes que la variedad Pinto de Phaseolus vulgaris L., la cual es moderadamente tolerante a la sequía y las variedades de habichuela Harbester y Bush Blue Lake. El análisis cualitativo mostró que Tepary tuvo una mayor concentración de sucrosa en la mañana que los demás materiales, llegando a la conclusión que uno de los factores implicados en la tolerancia de Tepary a la sequía es la capacidad de mantener la fotosíntesis bajo períodos pronunciados de falta de agua y de proporcionar sustratos para el mantenimiento de una tasa de respiración

casi normal.

Thomas y Waines en 1981 citados por Montoya (1985) reportan que Phaseolus acutifolius Gray tiene una capacidad de enraizar a mayores profundidades que otros frijoles, aprovechando así las grandes reservas de humedad del suelo.

Robins y Domingo (1956) determinaron el efecto del déficit hídrico en varias intensidades durante los estados específicos del desarrollo en frijol variedad Red Mexican. Los tratamientos consistía en eliminar el riego antes de floración, durante floración y antes de cosechar. Presentándose una reducción del 20% en el rendimiento de frijol cuando el déficit hídrico se prolongó por 15 días antes de floración, de 18-22 días durante floración y 15 días antes de madurar las primeras vainas.

A resultados similares llegó Floor-Drees (1984) al estudiar el efecto del déficit hídrico en el número de vainas por planta y la abscisión de flores y vainas en ocho cultivares de frijol, con aplicación de varios tratamientos de humedad. Estableciendo que el déficit hídrico influyó en la floración y la abscisión del frijol, presentando los cultivares diferencias en la sensibilidad al déficit. Sin embargo, considera que el efecto real del déficit hídrico dependió de su duración.

Eze, et al. (1983) midieron los niveles de ácido abscísico y varios indicadores del déficit hídrico foliar en hojas cortadas e intactas de frijol cultivar Kinghorn, expuesto a diferentes regímenes de temperatura y humedad, llegando a la conclusión de que la rápida acumulación de ácido abscísico al presentarse un déficit de temperatura, es función de los déficits de humedad y no a la variación de la temperatura.

Con base en los trabajos anteriores, se puede establecer que el desarrollo de Phaseolus vulgaris L. es afectado por períodos con restricción de humedad, siendo el efecto más marcado cuando se presenta en floración y madurez. Esto indudablemente manifiesta efectos negativos en la obtención del rendimiento final.

Si consideramos que la mayor extensión de la superficie sembrada con frijol en nuestro país se realiza bajo condiciones de temporal y asumiendo que esta especie es afectada por períodos con déficits de humedad durante su desarrollo, es necesario tener conocimiento sobre la cantidad y distribución de la precipitación con que se cuenta, de tal forma que sean satisfechas las exigencias en cuanto a humedad particularmente durante la floración y llenado de vainas.

Phaseolus acutifolius Gray. es una especie que potencialmente puede manifestar mayores rendimientos que Phaseolus vulgaris L. debido a su capacidad de tolerar déficits de humedad mayores a los tolerados por Phaseolus vulgaris L.

2.2.3.3. El agua en la localidad de Cerralvo, N.L. En esta localidad, los requerimientos de agua necesarios para el desarrollo de sus cultivos en los dos ciclos, temprano (primavera-verano) y tardío (otoño-invierno) son obtenidos a través de la precipitación atmosférica y con ayuda del agua proporcionada por la presa "El Nogalito".

Normalmente la precipitación media anual que se tiene es de 500 a 700 mm, distribuido durante todo el año. Los meses de mayor precipitación son Mayo y Septiembre con una media mensual de 130 a 140 mm respectivamente, y los meses de Junio, Julio y Agosto presentan una precipitación media

de 60 a 80 mm. En la temporada de invierno comprendida de Noviembre a Enero, es cuando se presenta una mayor precipitación durante el año, teniendo tan solo de 15 a 20 mm de precipitación media mensual (Cuadro 1).

Antes de iniciar el estudio, se efectuaron pláticas informales con agricultores y la información indica que en esta localidad aún se siembra algunos cultivos con la opción de la precipitación pluvial, generalmente en maíz, frijol o la asociación de éstos dos, pero a nivel de autoconsumo. Sin embargo, la precipitación de los meses de Julio a Noviembre puede considerarse suficiente para permitir la producción de frijol con cultivares precoces, esto en función de los datos climatológicos proporcionados por la Unidad Agropecuaria de la SARH en Cerralvo, N.L. y la información obtenida acerca del cultivo en el área.

2.2.4. Luz, temperatura, agua.

2.2.4.1. Estación de crecimiento. La temperatura y agua, como se mencionó anteriormente, son los dos principales factores climáticos que condicionan la adaptación y distribución (en espacio y en tiempo) de los cultivos. En unión con la radiación solar, estos factores climáticos condicionan la fotosíntesis neta y permiten a las plantas acumular materia seca (y llevar a adelante sus fases sucesivas de desarrollo) de acuerdo con los ritmos de los principales grupos de plantas cultivadas (FAO, 1981).

Para evaluar los recursos agriclímáticos en una región, se utiliza el cálculo de la estación de crecimiento disponible para el desarrollo de los cultivos. Este período está básicamente determinado por la disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo y producción de cultivos. En regiones tropicales la estación de crecimiento está determinada

por el período de tiempo en que existe humedad en el suelo para el desarrollo de los cultivos. Mientras que para una región templada, además de la disponibilidad de humedad, la estación de crecimiento está definida por la disponibilidad de temperatura favorable (Villalpando, 1983).

La estación de crecimiento puede definirse como el período de días del año durante el cual las precipitaciones son superiores a la mitad de la evapotranspiración potencial, más el período necesario para evapotranspirar hasta 100 mm de agua procedente de la precipitación y (supuestamente) almacenados en el perfil del suelo (Villalpando, 1983).

Un período normal de crecimiento debe presentar un período húmedo, es decir, un período en el que las precipitaciones sean superiores a la evapotranspiración potencial. Además, se excluye en el período todo intervalo de tiempo durante el cual, aunque haya agua disponible, las temperaturas sean bajas para el crecimiento de los cultivos (5°C).

Para el cálculo del período de crecimiento por la disponibilidad de agua se efectúa un balance de humedad comparando la precipitación con la evapotranspiración potencial (ETP). Los datos de precipitación y evapotranspiración pueden ser mensuales, aunque también puede calcularse en períodos de 10 días, siendo la ETP estimada por el método de Penman (FAO, 1981).

En regiones con clima templado (temperatura media anual 18°C) la estación de crecimiento usualmente se determina en base al período libre de heladas. Los límites determinados por este criterio varían de acuerdo a la susceptibilidad de la especie a las bajas temperaturas. En estas regiones, además de establecer el período con humedad disponible para el desarrollo de los cultivos, se evalúa el período de temperatura favorable que permite

el desarrollo de las plantas (Villalpando, 1983).

El límite mínimo de temperatura media diaria para que exista un desarrollo significativo de las plantas, se ha encontrado que es de aproximadamente 4.4°C variando esto de acuerdo a la especie, por ejemplo en frijol se ha publicado que la temperatura base es de $8-10^{\circ}\text{C}$ (Villalpando, 1983).

2.2.4.2. Estación de crecimiento en Cerralvo, N.L. En la Figura 1 se presenta la precipitación, la evapotranspiración potencial (ETP) y el 50% de la ETP en un período de 10 años para definir la estación de crecimiento en Cerralvo, N.L.

En esta región, debido a la baja precipitación que se tiene en el transcurso del año y a una alta evapotranspiración teóricamente no existe estación de crecimiento para el desarrollo de los cultivos. Solamente en los meses de Mayo y Septiembre la precipitación es mayor a la evapotranspiración, teniendo un período húmedo de 15 días en Mayo y en Septiembre un período húmedo de aproximadamente una semana. Con esto se puede tener una idea de lo riesgoso y difícil que es la agricultura de temporal para esta región. No obstante lo anterior, en el caso particular de frijol por entrevistas informales con productores de la región, se detectó que este cultivo prospera en superficies pequeñas reconociéndose que la precipitación puede actuar como limitante de altos rendimientos y en años de sequía perderse el cultivo.

2.2.5. El Suelo.

2.2.5.1. Importancia del suelo en el crecimiento y desarrollo. El suelo constituye un sistema complejo formado de minerales, partículas de roca,

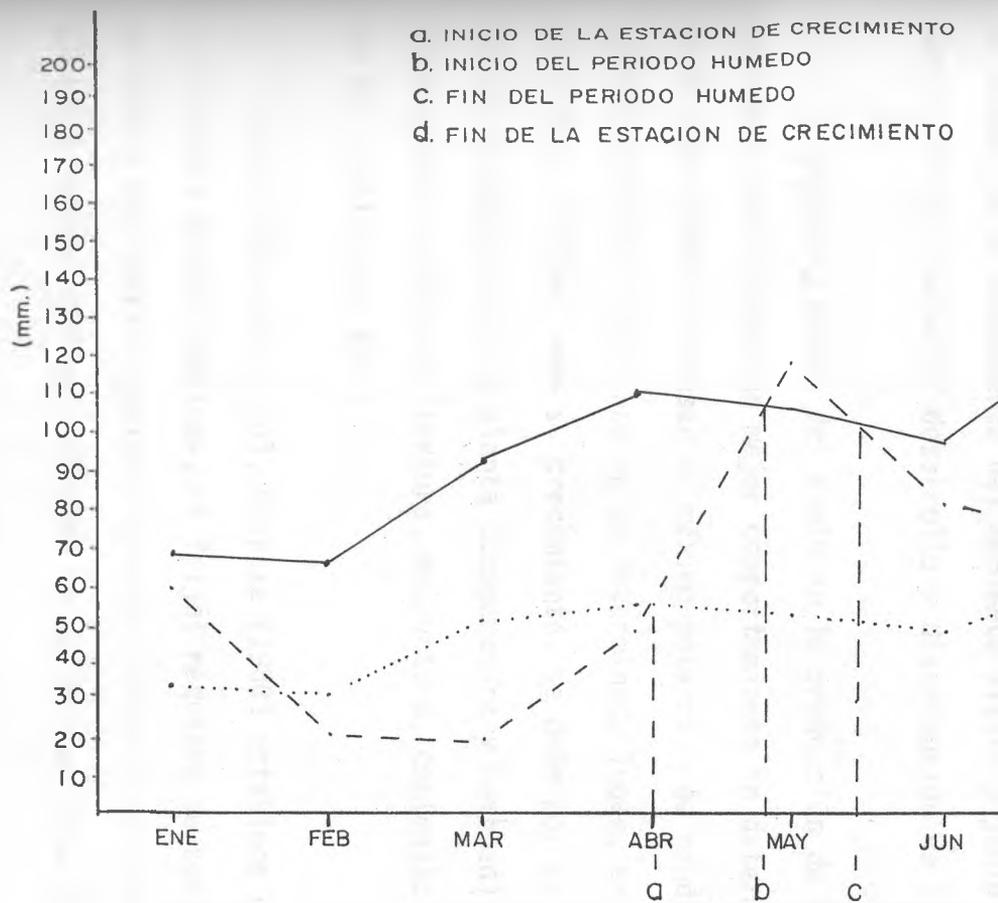
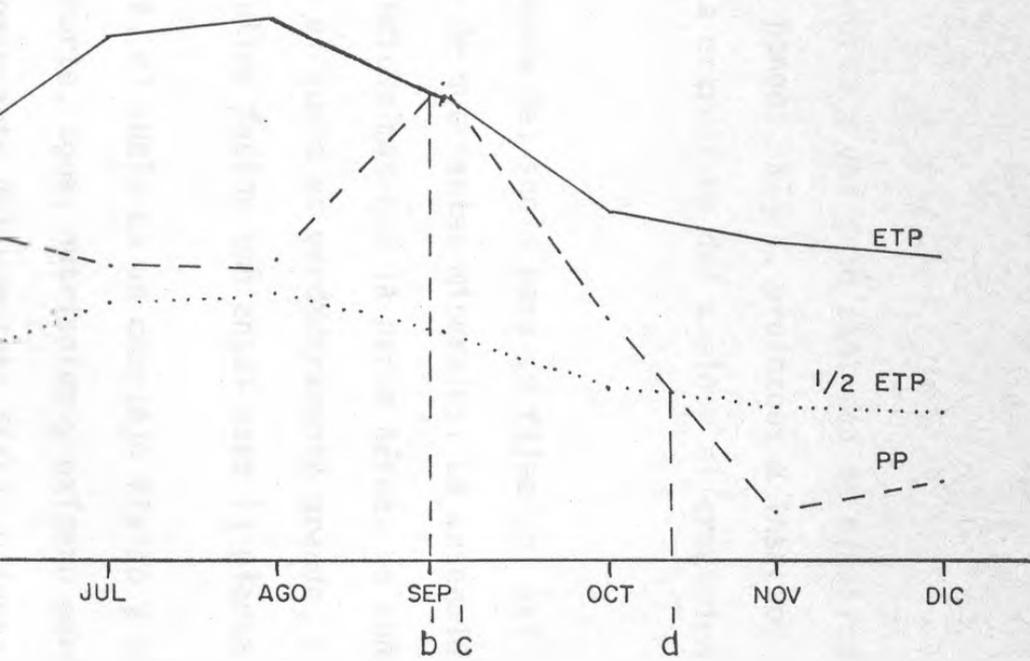


Figura 1. Estación de crecimiento para la región de Cerralvo.



N.L. Datos promedio de 10 años. SII-SARH (1987).

materia orgánica muerta y una gran cantidad de organismos vivientes como lo son las bacterias, hongos, algas, protozoos e insectos que afectan directa o indirectamente la estructura del suelo y el crecimiento de las plantas (Kramer, 1974).

La planta depende del suelo para su fijación, así como para sus necesidades hídricas y de nutrientes minerales. La extensión de la raíz puede ser tan grande o incluso más que la parte aérea. La superficie de contacto entre las raíces y el suelo es verdaderamente grande, por lo que éste último constituye un íntimo factor ambiental para la planta.

De esta manera, el suelo es un complejo físico y un sistema biológico que proporciona soporte, agua, nutrientes y oxígeno para las plantas, es el segundo mayor componente del ambiente físico y junto con el clima se encuentra influenciando el desarrollo y distribución de las plantas.

2.2.5.2. Características del suelo en la producción de frijol. Las plantas cultivadas manifiestan un mejor comportamiento en determinados sitios, en donde ellas pueden expresar su máximo potencial de rendimiento. Este mejor comportamiento de la planta en un determinado lugar, en donde se dan las condiciones óptimas para su crecimiento, se debe por un lado a los requerimientos climáticos de la planta (temperatura y humedad) y por otro, a los requerimientos edáficos (textura, estructura, contenido de materia orgánica, pH, fertilidad, etc.).

Para el caso del frijol, Coertze (1980) establece que dentro de los requerimientos edafoclimáticos, el frijol requiere de suelos profundos y bien drenados y con buena capacidad de campo. El pH óptimo del suelo varía de 6.0 a 6.5, presentándose toxicidad en suelos con altos contenidos de Boro,

encontrando los mejores resultados en suelos francos.

Howeler (1980) al estudiar algunos desórdenes nutricionales que se presentan en el cultivo del frijol, considera que el pH óptimo para producir frijol fluctúa entre 6.5 a 7.5; dentro de estos límites, la mayoría de los elementos nutritivos de la planta presentan su máxima disponibilidad.

2.2.5.3. El suelo en Cerralvo, N.L. En los suelos de Cerralvo, N.L. existe una predominancia de los litosoles (poca profundidad), también presentándose los xerosoles lúvicos o cálcicos sobre una fase de caliche ubicada a los 50 cm de profundidad, según las cartas CETENAL (1977).

El análisis del suelo muestra que estos suelos presentan un pH de 7.6, el cual está en los límites altos bajo los cuales según Howeler (1980) prospera el frijol. El contenido de materia orgánica es buena (3%), siendo clasificados estos suelos como migajón arcilloso y migajón arcillo-limoso (Cuadro 2).

No se presentan problemas por salinidad debido a que las tierras están recién abiertas al riego. La práctica de fertilización en esta región se lleva a cabo sólo en los cultivos de maíz y sorgo.

Por lo anterior, se puede concluir que los suelos de Cerralvo, N.L. no presentan características limitantes para el desarrollo del frijol,

2.3. Ambiente social.

Tradicionalmente la variación presentada en las plantas cultivadas es explicada sólo por la relación directa de los factores ambientales en el crecimiento y desarrollo, sin considerar el papel que el hombre juega en

ello. Esto último ha sido reconocido por diversos autores.

Billings (1958) a partir del principio de holocenosis, establece que la planta es el centro de conjunto de interrelaciones complejas que se producen entre los factores del ambiente natural, incluyendo dentro de estos factores al hombre como parte del ambiente.

La acción de estos factores en la planta se presenta a diferente nivel. Los factores físicos biológicos como luz, agua, suelo, animales, etc. actúan directamente sobre las plantas; en el caso del hombre, Billings (1968) lo coloca interrelacionando al mismo nivel que los demás factores. No obstante que el hombre actúa normalmente en la manipulación de éstos, incidiendo de manera indirecta sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, al modificar el ambiente en que se encuentran.

Este autor, en su esquema representa la acción de los factores físico biológicos relacionados con la planta e interrelacionados entre sí. Sin embargo, la relación que se presenta en este grupo de factores es muy compleja debido a que en todo ecosistema se mantiene un alto grado de interrelación a diferentes niveles entre los factores ambientales, sin considerar cuál(es) de estos son los más determinantes en la variación y adaptación de los cultivos.

Con el objeto de explicar el efecto de los factores del medio sobre las plantas y para poder establecer qué factor del ambiente es más determinante en el crecimiento y adaptación de las especies cultivadas, se han propuesto algunas leyes entre las que destaca la ley de Liebig en 1840 expresando que el crecimiento depende de la sustancia nutritiva (o elemento) que se encuentra en cantidad mínima. Posteriormente Taylor en 1934 la am-

plía para considerar no solo nutrientes de la planta, sino también a todos los factores del ambiente.

Blackman en 1905 desarrolla la teoría de factores óptimos y limitantes. Esta teoría considera que cuando un proceso está condicionado por un número de factores, la proporción en que se desarrolla está limitada por aquel factor que actúa más lentamente.

Livingstone y Shreve en 1905 proponen el concepto de límites fisiológicos, estableciendo que para cada función vital hay un punto cero máximo y otro mínimo, respecto a cualquier otro factor condicionante, más allá de los cuales cesa la función.

De esta manera se pretendía jerarquizar a los factores incluidos en el concepto de holocenosis, debido a que en ocasiones uno o dos factores son los únicos que en definitiva limitan el desarrollo y distribución de las plantas, y es en estos factores del ambiente en los cuales una manipulación por el hombre permitiría definir patrones de crecimiento y rendimiento de las plantas de cultivo sobre las cuales descansa la producción y productividad agrícola. La capacidad del hombre para manipular los factores del ambiente natural está dada por su tecnología, la cual está definida por el desarrollo social.

Al respecto, Klages (1942) consideró que además de los factores físicos y bióticos, la acción del hombre ha sido fundamental en la adaptación, distribución y producción de las plantas cultivadas. En base a esto, propone el llamado ambiente social, dentro del cual se engloban una gran cantidad de factores, entre los que destacan los políticos, económicos, técnicos históricos, etc.

De esta manera se establece que toda especie vegetal cultivada se encuentra condicionada por dos grupos de factores. En el primero se encuentran los factores bióticos y físicos y en el segundo se engloban los factores relacionados con la organización que permiten tener niveles en la sociedad poco o altamente evolucionados para modificar el ambiente natural, que en el caso de las plantas de cultivo se puede denominar como el ambiente de producción.

En México, se han hecho algunos intentos de clasificar el ambiente social, sin hacer referencia particular a éste; sin embargo, se reconoce que estas clasificaciones de una u otra forma están determinadas por los factores que Klages considera constituyen el ambiente social.

Dos intentos de clasificación del ambiente social son aquí presentados, el propuesto por Márquez (1981) y el utilizado por Villarreal, et al. (1984).

Márquez (1981) utiliza la clasificación de tipos de agricultura presentada por el Colegio de Postgraduados, que define tres categorías: Avanzada, Tradicional y Subsistencia.

La agricultura avanzada utiliza tecnología moderna, alta cantidad de capital y su producción está totalmente destinada al mercado. La agricultura tradicional utiliza tecnología tradicional y ocasionalmente elementos técnicos modernos, tiene poco capital invertido y el destino de la producción es para satisfacer las necesidades básicas del agricultor, produciendo algunos excedentes para el mercado.

Finalmente, la agricultura de subsistencia utiliza sólo tecnología tradicional sin ninguna influencia de tecnología moderna, el capital inver

tido es sólo el trabajo humano o algún otro elemento de trabajo como herramientas, etc. El destino de la producción es para autoconsumo, sin participar en el mercado, o bien, se participa esporádicamente. Es indudable que estas tres categorías están determinadas, como Kalges lo mencionó, por factores políticos, económicos, técnicos, históricos, etc.

Villarreal, et al. (1984) a partir del enfoque de sistemas y con la finalidad de ordenar la acción de los factores físicos y socioeconómicos que actúan sobre las plantas propone un método a través del cual se trata de entender los procesos de toma de decisiones que involucran, por un lado las decisiones del agricultor, las cuales son el resultado de su propia información y consecuencia de su experiencia, y la planta la cual tiene en su código genético específico todas las instrucciones para efectuar las reacciones sistemáticas "toma de decisiones" dependiendo de las condiciones prevalecientes durante su desarrollo.

En la Figura 2 se presenta cómo a partir del enfoque de sistemas se ubica la interacción entre el proceso de toma de decisiones del agricultor y de la planta, las cuales forman parte o son elementos de sistemas superiores también distintos.

En el caso del agricultor o unidad de producción (conjunto de elementos interrelacionados sobre los cuales toma decisiones el agricultor, para el logro de los propósitos personales, familiares y comunitarios), la toma de decisiones sobre cómo ejecutar una determinada actividad o labor agrícola, está en función de su tecnología disponible, por ejemplo el método de preparación de terreno, fechas de siembra, control de plagas, etc. A su vez este subsistema de producción, en cuya estructura se pueden identificar los recursos y funciones que en gran parte condicionan el subsistema tecnológi-

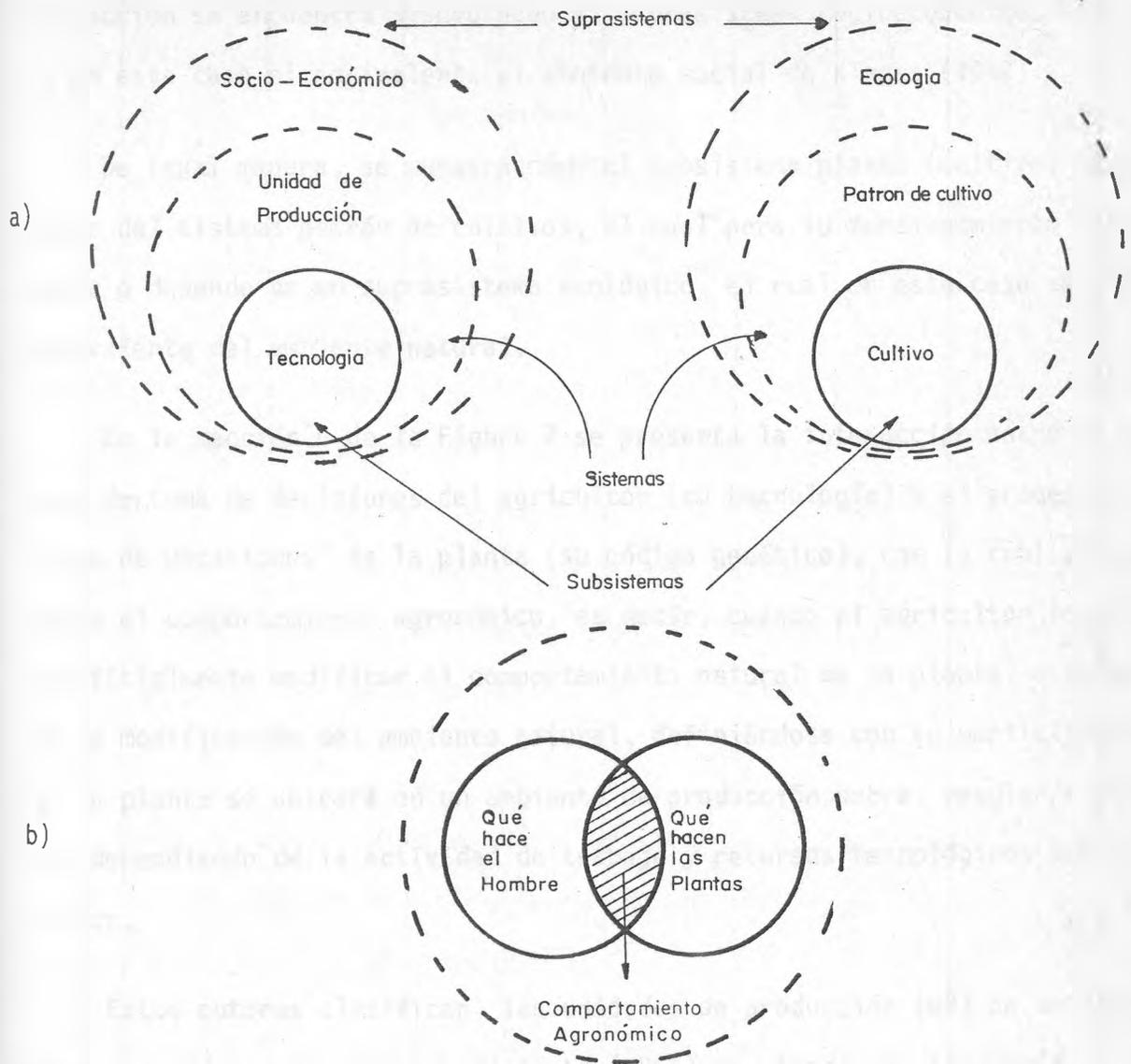


Figura 2.

- a). Modelo de delimitación de sistemas socioeconómico y ecológico y sus componentes a cada nivel.
- b). Comportamiento agronómico.

La UPEE se caracteriza por tener una interdependencia económica total con otros sectores sociales, normalmente se tiene mano de obra contratada, el propietario no consume lo que produce; su propósito es empresarial y su tendencia es a producir-transformar y comercializar él mismo sus productos o a través de organizaciones para el propósito.

Estos modelos propuestos son los extremos teóricos del modelo unidad de producción. No obstante, se pueden presentar otros modelos de unidad de producción, de acuerdo a situaciones intermedias en los elementos característicos que los definen y en el proceso evolutivo en que se encuentran estos modelos de unidades de producción. A estos modelos se les designará como de transición. De esta manera, se pueden detectar UP que tengan elementos característicos de los modelos teóricos extremos y cuya tendencia o evolución puede ser hacia la UPEE o bien, de manera ocasional hacia la UPFA.

En la región de Cerralvo, N.L. se presenta una agricultura tipo extensiva, basada únicamente en la explotación de dos o tres cultivos (frijol, sorgo, trigo y maíz) (Guzmán, 1984).

Actualmente se aumentó el número de hectáreas irrigadas, mediante la construcción de la presa El Nogalito, los productores bajo estas condiciones poseen predios que normalmente varían de 30-50 ha teniendo capacidad para regar un 50% o más del total de sus predios. Además, se presentan los productores que están supeditados por el temporal, en la cual se presenta una agricultura de autoconsumo, según SII-SARH (1987); Guzmán (1984)

Independientemente de la condición de humedad presentada, en esta región los productores en base a su experiencia y a un continuo proceso de

estar probando diversas alternativas, ha encontrado la manera de poder evaluar la acción de factores ambientales restrictivos en el crecimiento de sus cultivos. El hecho de contar con semillas precoces y con cierta tolerancia a condiciones deficitarias de humedad, es el resultado de lo anterior explicado. Las fechas de siembra fuera de períodos con alta intensidad luminosa o bajas temperaturas, es una muestra de que los productores en esta región se han adaptado a producir sus cultivos en épocas bien delimitadas, en donde el cultivo satisface completamente sus requerimientos.

Durante un recorrido a la zona de estudio, se observó que normalmente en los predios irrigados se delega la responsabilidad a un capataz, que se encarga de sacar adelante la programación de las labores para el cultivo en cuestión. Los dueños para la obtención de recursos económicos alternan su estancia en la ciudad de Cerralvo, N.L. y en los Estados Unidos, o bien, reciben ayuda económica de familiares y parientes radicados en este país.

Por esta razón, las propiedades cuentan con una infraestructura de servicios adecuada para el acondicionamiento de maquinaria y recepción de las cosechas, o para la adquisición de estos servicios. La mano de obra es 100% contratada para la mayoría de labores necesarias durante el desarrollo del cultivo y cosecha en los predios de riego; mientras que en los predios de temporal es mano de obra familiar. El destino de la producción en ambos casos varía, pues en los predios irrigados normalmente la producción es para el mercado, mientras que en el otro modo de producción el destino es riguroso autoconsumo y comercializan el poco excedente en caso de que exista, esto según la apreciación durante el recorrido en la zona de estudio y las estadísticas presentadas por Guzmán (1984).

En base a estas características, se puede concluir que en la región

de Cerralvo, N.L., las unidades de producción existentes, pueden clasificarse dentro del tipo empresarial especializado en los predios irrigados, y de familiar autosuficiente en los predios basados únicamente bajo condiciones de temporal.

2.4. Hipótesis

Considerando la Revisión de Literatura, se puede establecer que en el crecimiento y rendimiento del frijol están actuando holocenóticamente un conjunto de factores ambientales, entre los cuales al considerar el principio de los factores óptimos y limitantes que Blackman estableció en 1905 (citado por Wilsie, 1966), solo algunos son determinantes en el crecimiento. De esta manera para la localidad de Cerralvo, N.L., de acuerdo a las condiciones ambientales que se presentan, son los factores de temperatura del aire y humedad del suelo, los que pueden estar actuando como limitantes en el crecimiento del frijol y consecuentemente en el rendimiento de grano, dependiendo del grado de adaptación de los genotipos. La temperatura del aire puede afectar el crecimiento y rendimiento obtenido, en términos de acumulación de calor y a partir de valores extremos que coincidan con etapas críticas. Similarmente la humedad disponible del suelo afectará el crecimiento y rendimiento obtenido dependiendo de situaciones deficitarias que comúnmente se presentan en Cerralvo, N.L., según las estadísticas de SII-SARH (1988).

Por tal motivo y considerando el objetivo establecido al inicio de este trabajo, se planteó estudiar el crecimiento de dos especies de Phaseolus de tal manera que se puedan explicar las fluctuaciones en su comportamiento en cuanto a crecimiento y rendimiento de grano por la acción de la temperatura (acumulación de calor) y la humedad del suelo.

Así, con base en las consideraciones anteriores, se plantean las siguientes hipótesis para las especies y genotipos de *Phaseolus* incluidos.

1. En el frijol, la acumulación de materia seca es afectada por la varia
ción en la acumulación de calor en las diferentes etapas de crecimien
to.
2. En el frijol, las etapas de crecimiento están caracterizadas por una
determinada acumulación de calor.
3. En el frijol, la respuesta en la acumulación de materia seca a restric
ciones en la humedad del suelo dependerá del genotipo.
4. En el frijol, la respuesta en rendimiento de grano y sus componentes
a condiciones restrictivas de humedad del suelo, dependerá de la espe
cie y genotipo.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del sitio experimental.

El presente trabajo de investigación se realizó durante el ciclo agrícola otoño-invierno de 1987. El experimento se llevó a cabo en la Ex-hacienda Montecristo ubicada en el municipio de Cerralvo, N.L. a 6 km al este de la ciudad por la carretera Cerralvo-Gral. Treviño, N.L. Geográficamente Cerralvo se sitúa a 26°58' de Latitud norte y 99°37' de Longitud Oeste, con una altitud de 345 msnm, según las cartas CETENAL (1977); García (1973).

3.2. Descripción general del área de estudio.

3.2.1. Antecedentes

En base a la información obtenida en el área de estudio se puede considerar que los terrenos que se encuentran en la Ex-Hacienda Montecristo son los más antiguamente explotados en la producción de especies agrícolas bajo condiciones de riego. Normalmente los cultivos que acostumbra sembrar son maíz (Zea mays L.), sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench], frijol (Phaseolus vulgaris L.) y trigo (Triticum aestivum L.), realizando la explotación bajo el sistema de año y vez para mantener la calidad y fertilidad de los suelos. Los rendimientos obtenidos en la explotación de las especies mencionadas son buenos, debido a que se cuenta con los recursos y tecnología apropiada para lograrlo.

3.2.2. Clima

Las características del clima de la región de Cerralvo, N.L. de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), han permiti-

do clasificarlo como del tipo BSo/1 (h')W"i. Esto indica que Cerralvo es una región de climas secos cálidos, presentando dos estaciones lluviosas en el año, separadas por una época seca en el verano y un período largo en la temporada de invierno. Presentando una oscilación anual de las temperaturas medias mensuales menor a los 5°C (García, E., 1973).

3.2.3. Suelo

En esta región se tiene una marcada predominancia del vertisol pélico (con profundidad que no excede los 10 cm). En algunos casos también el suelo puede ser xerosol lubico y cálcico sobre una fase de caliche ubicada a los 50 cm de profundidad. Las rendzinas y litosoles, comúnmente se pueden localizar también en esta región, según las cartas CETENAL (1977).

Los análisis de suelo (Cuadro 2), del área donde se ubicó el experimento indican que estos son ligeramente alcalinos al presentar un pH de 7.6 a 7.7, el contenido de materia orgánica es de medio a medianamente rico, presentando baja infiltración del agua. Atendiendo a los valores presentados en P, K, Ca, Mg y Na, estos suelos pueden considerarse normales con baja salinidad en donde pueden prosperar una gran cantidad de cultivos. En cuanto a los valores de Fierro y Zinc, se presentan niveles bajos, sin encontrarse en los niveles críticos. Los porcentajes de arena, limo y arcilla permiten clasificarlos como suelos de migajón arcilloso cuyo color característico es el negro grisaseo. Con base a lo anterior, estos suelos se clasifican como suelos normales sin presentar condiciones restrictivas para el desarrollo de los cultivos, según el representante del laboratorio de suelos de la FAUANL.

Cuadro 2. Características químicas y físicas en dos profundidades de suelo y dos sitios de muestreo en la ex-hacienda Montecristo, para la siembra de frijol. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.

Profundidad	P.H.* (1:2:5)	C.H.* cm/h	M.O.* (%)	P.P.M.								Textura (%)			Clasificación
				P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Cu	Arena	Limo	Arcilla	
0-30	7.6	0.97	2.64	1.3	270	6088	234	67	7.7	8.5	1.3	20.8	40	39.2	Migajon arcilloso
30-60	7.7	1.08	2.38	1.3	216	5689	236	60	9.5	5.0	1.4	20.8	38	41.2	Arcilloso
0-30	7.8	0.85	2.51	1.3	249	5568	219	41	8.6	9.6	1.4	16.8	44	39.2	Migajón arcilloso
30-60	7.7	1.29	2.64	1.3	247	5757	223	67	9.0	9.5	1.4	16.8	44	35.2	Migajón arcilloso

P.H. = Potencial hidrógeno

C.H. = Conductividad hidráulica

M.O. = Materia Orgánica

El lugar seleccionado para el experimento, presenta una topografía suave y uniforme, con una pendiente menor al 1%. El suelo en el ciclo anterior permaneció sembrado con sorgo de temporal.

3.2.4. Vegetación.

Esta región presenta una riqueza considerable que incluye desde la selva baja subperenifolia, hasta el pastizal inducido. El matorral submontano predomina extensivamente, encontrándose también algo de mezquite, según la síntesis geográfica de Nuevo León (1981); Guzmán (1984).

3.3. Material genético

Se utilizaron cuatro genotipos de frijol, tres pertenecientes a Phaseolus vulgaris L. y uno de Phaseolus acutifolius Gray. Estos materiales fueron seleccionados en base a la información proporcionada por el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la Facultad de Agronomía de la UANL (PMMFYS), en cuanto a que estos genotipos han mostrado adaptación a las condiciones de Cerralvo, N.L., así como por el hábito de crecimiento que presentan.

En el Cuadro 3 se presenta la caracterización del material genético utilizado de acuerdo con la metodología propuesta por el CIAT (Comunicación personal, encargado del programa de Frijol del PMMFYS).

El hecho de incluir Phaacu-125 (Phaseolus acutifolius Gray) fue bajo la consideración de que esta especie tiene características de adaptación que proporcionan una mayor resistencia a déficit de humedad que Phaseolus vulgaris L. (Serrano, 1963). Phaacu-125 ha sido estudiado en el PMMFYS e

identificada como una línea de buen comportamiento agronómico en el citado proyecto.

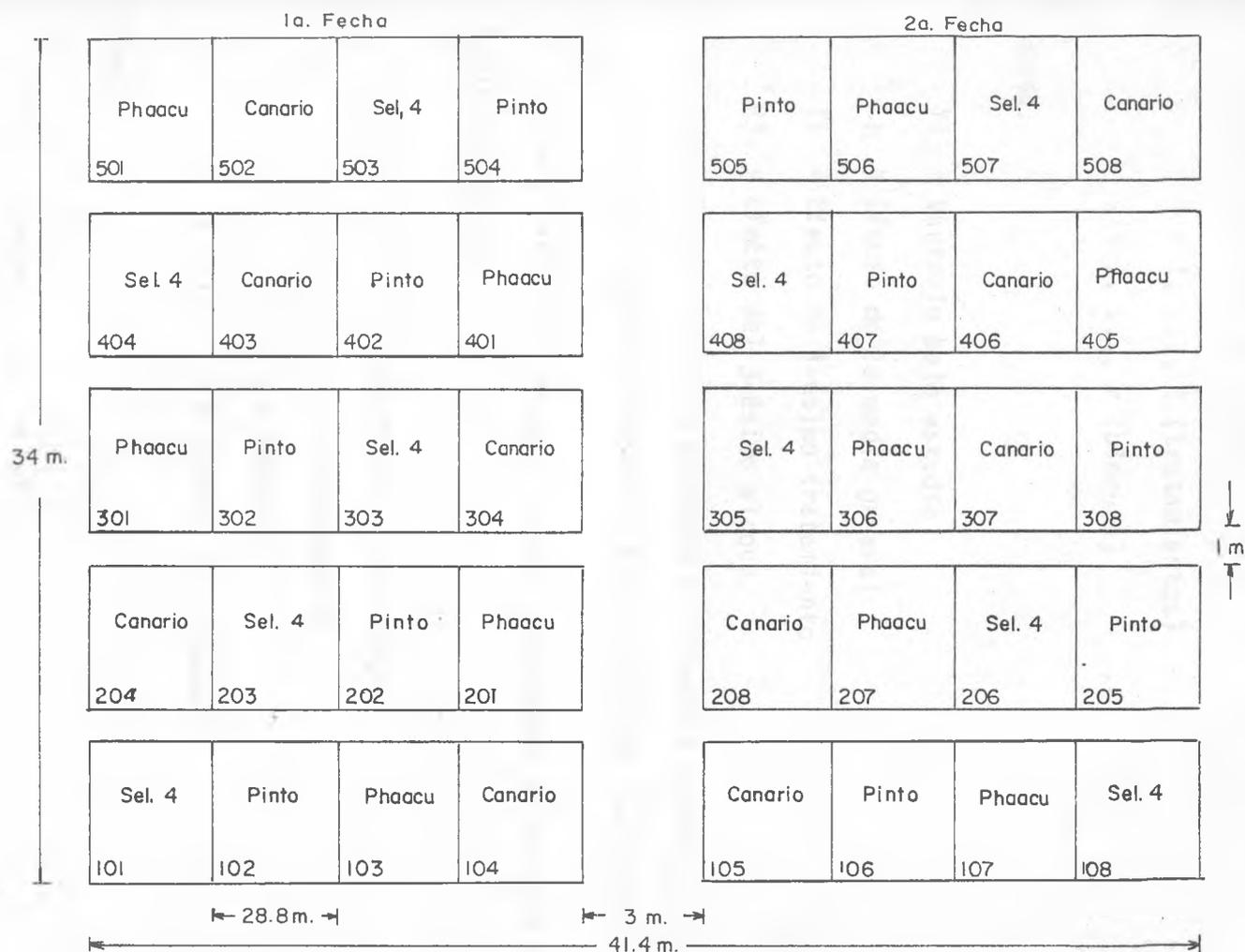
Cuadro 3. Clasificación de genotipos de frijol, en el ciclo Otoño-Invierno (1987) en la Ex-Hacienda Montecristo, municipio de Cerralvo, N.L.

Genotipo	Días a Floración	Características
Canario 101	-	Determinado mata (I)
Selección 4	56	Indeterminado, guía corta (II).
Pinto Americano	46	Indeterminado, guía larga y postrado (III).
Phaacu-125	50	Indeterminado (II)

3.4. Diseño experimental.

El trabajo de investigación incluyó dos fechas de siembra, la primera se sembró al iniciarse el temporal el 9 de Septiembre de 1987 y la segunda fue establecida aprovechando el contenido de humedad presente en el suelo el 15 de Septiembre de 1987. El diseño experimental utilizado para este trabajo fue bloques completos al azar con cinco repeticiones, aleatorizándose cada uno de los tratamientos en los bloques de ambas fechas de siembra. La distribución de parcelas se da en el Cuadro 4. Las dimensiones de la unidad experimental fue seis surcos de 6 m de longitud, separados a 80 cm, correspondiendo para cada parcela una superficie de 28.8 m², el total para cada bloque correspondió de 115.2 m², dando una superficie total para cada experimento de 652.8 m².

El modelo estadístico empleado para el análisis de cada fecha de siem



Cuadro 4. Distribución de genotipos de frijol, evaluados en dos fechas de siembra. Ex-Hacienda Montecristo, municipio de Cerrillo, N.L. Ciclo Otoño-Invierno, 1987.

bra fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + E_{ij}$$

$$i = 1, \dots, t \text{ (tratamientos)}$$

$$j = 1, \dots, r \text{ (bloques)}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable bajo estudio

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto de i -ésimo tratamiento

R_j = Efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = Error aleatorio asociado a la unidad experimental que recibió el i -ésimo tratamiento con la j -ésima repetición.

Para el análisis conjunto de las dos fechas de siembra se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j(k) + F_k + T F_{ik} + E_{ijk}$$

$$i = 1, \dots, t \text{ (tratamiento)}$$

$$j = 1, \dots, r \text{ (bloques)}$$

$$k = 1, \dots, f \text{ (fechas de siembra)}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable bajo estudio

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

$R_j(k)$ = Efecto del j -ésimo bloques en la k -ésima localidad.

F_k = Efecto de la k -ésima fecha de siembra

TF_{ik} = Efecto de la interacción del i -ésimo tratamiento es la k -ésima fecha de siembra

E_{ijk} = Error aleatorio asociado a la unidad experimental.

Cuando se detectó diferencia para tratamientos y/o la interacción se procedió a efectuar la prueba de comparación de medias por la Diferencia Mínima Significativa (DMS) protegida de Fisher (Steel y Torrie, 1980).

3.5. Siembra del experimento.

La preparación del terreno experimental se llevó a cabo al iniciarse el mes de Agosto, realizándose primero la roturación el día 6 de Agosto, a fines del mes se dió un paso de rastra cruzada. El día 9 de Septiembre se midieron y marcaron las unidades experimentales, delimitándose éstas con líneas de cal cada 7 m.

Los materiales de acuerdo a su tamaño y peso de semilla fueron embolsados con la cantidad de semilla requerida para sembrar los 7 m lineales en las unidades experimentales.

La siembra se efectuó el mismo día en que se marcó, para lograr una siembra uniforme se utilizó la sembradora para experimentos facilitada por el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la Facultad de Agronomía, quedando la semilla aproximadamente a una profundidad de 5 a 6 cm y para evitar que ésta quedara descubierta, en la parte trasera de la sembradora se le adaptó un trozo de riel para que el tapado fuera uniforme en todos los tratamientos.

Se aplicó el doble de la cantidad de semilla en cada unidad experimental para asegurar un número adecuado de plantas, aclareándose a los 10

días después para dejar una planta cada 8 cm, teniendo de esta manera una densidad de población aproximada de 156,000 plantas por hectárea.

3.6. Control de plagas, enfermedades y malezas.

La plaga que normalmente se presenta en el cultivo de frijol en esta región es la mosquita blanca (Trialeurodes vaporariorum). Al mes de emergido el cultivo se identificó la presencia de este insecto, no siendo necesaria la aplicación de algún insecticida dado que posteriormente el insecto bajó su población, posiblemente al bajar las temperaturas nocturnas.

Para evitar algunos riesgos de enfermedades y con el fin de proteger la semilla, ésta fue tratada con el fungicida Arasán antes de realizar la siembra. Posteriormente, en el caso de enfermedades no se presentó ningún problema.

La eliminación de malas hierbas es muy importante en este cultivo, sobre todo en las etapas iniciales de desarrollo. Por esta razón, los productores de la región mediante el control mecánico tratan de evitar la competencia de malezas en el frijol. Normalmente los productores a los 15 días de nacido el frijol realizan una labor con cinceles en ambos lados de la hilera del frijol, eliminando la maleza. Con una reja también integrada, se realiza la primer escarda al cultivo. En el terreno experimental esta labor fue realizada el 3 de Octubre, la segunda escarda y deshierbe con el tractor se efectuó el día 26 de Octubre y con la finalidad de mantener limpia el área experimental durante todo el ciclo de cultivo se practicó cada semana el control manual con azadón.

3.7. Variables medidas.

3.7.1. Variables de clima.

Para estimar los índices de unidades calor (UC) y Precipitación-Evapotranspiración (PP-ETP), se utilizaron lecturas diarias sobre precipitación, evaporación y temperaturas máximas y mínimas colectadas por la Unidad Agropecuaria de la SARH localizada en Cerralvo, N.L., no obstante que ésta se ubica aproximadamente a 6 km de distancia del lote experimental.

3.7.2. Variables de suelo.

Considerando que una de las hipótesis a probar fue que la humedad del suelo es determinante en el rendimiento de materia seca, se procedió a medir el contenido de humedad del suelo, utilizando una barrena tipo Veihmeyer para la extracción de muestras de 0 a 30 cm y 30 a 60 cm, en el lugar en donde eran extraídas las plantas para el muestreo destructivo. Estas muestras se depositaban en cajas de aluminio selladas con cinta adhesiva, previamente identificadas, secándolas posteriormente en la estufa a temperatura de 110°C por 24 horas y pesándolas posteriormente en la balanza eléctrica. La diferencia entre peso inicial de la muestra y ^o peso se co constante permitió calcular el porcentaje de humedad del suelo.

3.7.3. Muestreos y variables de planta.

Con el propósito de obtener la información necesaria para llevar a cabo el análisis de crecimiento, se realizaron un total de 10 muestreos destructivos semanales en líneas de 35 cm de largo (5 a 6 plantas). Los muestreos se efectuaron en las fechas siguientes: 19 y 26 de Septiembre; 5, 13, 17 y 31 de Octubre; 6, 13, 19 y 26 de Noviembre, 3 y 10 de Diciem-

días después para dejar una planta cada 8 cm, teniendo de esta manera una densidad de población aproximada de 156,000 plantas por hectárea.

3.6. Control de plagas, enfermedades y malezas.

La plaga que normalmente se presenta en el cultivo de frijol en esta región es la mosquita blanca (Trialeurodes vaporariorum). Al mes de e mergido el cultivo se identificó la presencia de este insecto, no siendo necesaria la aplicación de algún insecticida dado que posteriormente el insecto bajó su población, posiblemente al bajar las temperaturas nocturnas.

Para evitar algunos riesgos de enfermedades y con el fin de proteger la semilla, ésta fue tratada con el fungicida Arasán antes de realizar la siembra. Posteriormente, en el caso de enfermedades no se presentó ningún problema.

La eliminación de malas hierbas es muy importante en este cultivo, sobre todo en las etapas iniciales de desarrollo. Por esta razón, los pro ductores de la región mediante el control mecánico tratan de evitar la competencia de malezas en el frijol. Normalmente los productores a los 15 días de nacido el frijol realizan una labor con cinceles en ambos lados de la hilera del frijol, eliminando la maleza. Con una reja también integrada, se realiza la primer escarda al cultivo. En el terreno experimental esta labor fue realizada el 3 de Octubre, la segunda escarda y deshierbe con el tractor se efectuó el día 26 de Octubre y con la finalidad de man tener limpia el área experimental durante todo el ciclo de cultivo se prac ticó cada semana el control manual con azadón.

3.7. Variables medidas.

3.7.1. Variables de clima.

Para estimar los índices de unidades calor (UC) y Precipitación-Evapotranspiración (PP-ETP), se utilizaron lecturas diarias sobre precipitación, evaporación y temperaturas máximas y mínimas colectadas por la Unidad Agropecuaria de la SARH localizada en Cerralvo, N.L., no obstante que ésta se ubica aproximadamente a 6 km de distancia del lote experimental.

3.7.2. Variables de suelo.

Considerando que una de las hipótesis a probar fue que la humedad del suelo es determinante en el rendimiento de materia seca, se procedió a medir el contenido de humedad del suelo, utilizando una barrena tipo Veihmeyer para la extracción de muestras de 0 a 30 cm y 30 a 60 cm, en el lugar en donde eran extraídas las plantas para el muestreo destructivo. Estas muestras se depositaban en cajas de aluminio selladas con cinta adhesiva, previamente identificadas, secándolas posteriormente en la estufa a temperatura de 110°C por 24 horas y pesándolas posteriormente en la balanza eléctrica. La diferencia entre peso inicial de la muestra y peso seco constante permitió calcular el porcentaje de humedad del suelo.

3.7.3. Muestreos y variables de planta.

Con el propósito de obtener la información necesaria para llevar a cabo el análisis de crecimiento, se realizaron un total de 10 muestreos destructivos semanales en líneas de 35 cm de largo (5 a 6 plantas). Los muestreos se efectuaron en las fechas siguientes: 19 y 26 de Septiembre; 5, 13, 17 y 31 de Octubre; 6, 13, 19 y 26 de Noviembre, 3 y 10 de Diciem-

bre. En la primer fecha de siembra el muestreo inicial se efectuó el 19 de Septiembre y a partir del 5 de Octubre los muestreos destructivos en ambas fechas de siembra fueron colectadas el mismo día de muestreo.

En cada muestreo se determinó el área foliar y peso seco por parcela, altura de planta, número de ramas por planta, número de flores por planta, número de vainas por planta, peso seco de hojas, peso seco de tallos y peso seco de órganos reproductivos. La forma en que se obtuvieron estas variables se presenta a continuación.

Area foliar por parcela ($\text{cm}^2/0.28 \text{ m}^2$).

Para la determinación del área foliar, primeramente se midió el largo y ancho de la hoja central de cada trifolio, dibujándose además las hojas para obtener su área real. Con esta información se efectuó un análisis de regresión para obtener un modelo estadístico que estime el área foliar; al utilizar los datos de área real obtenida con el dibujo y un planímetro, como variable dependiente y el área estimada obtenida al multiplicar el largo por ancho de la hoja central de cada trifolio como variable independiente. Posteriormente, los valores de la hoja central de cada trifolio se multiplica por tres, bajo la consideración de que la hoja central refleja el promedio de las otras dos hojas en el trifolio. El valor obtenido es multiplicado por el valor de B_1 y corregido con el valor de B_0 , estimándose así finalmente el área foliar por muestreo en cada genotipo.

La ecuación mediante la cual se estimó el área foliar (AF) fue la siguiente:

$$AF \text{ de la hoja} = [.682694297 + .517174 (L \times A)]^3$$

Peso seco por planta (g/0.28 m²).

Para la obtención del peso seco de las plantas, éstas primeramente eran separadas en hojas, tallos y órganos reproductivos. Se depositaron en bolsas de papel previamente identificadas y se introducían en una estufa a una temperatura de 80° C durante 48 horas, hasta llegar a peso seco constante pesándose posteriormente en una balanza eléctrica. La suma del peso seco de hojas, tallos y órganos reproductivos representa el peso seco total por parcela.

Vainas por planta.

Al igual que en el dato anterior, se cuantificaron las vainas por planta. Considerando también a las vainas muy pequeñas y vanas.

Los componentes de rendimiento, vainas/0.28 m², granos/0.28 m² y peso de grano/0.28 m², se obtuvieron en el último muestreo para cada uno de los genotipos; lo anterior se logró utilizando las plantas encontradas en 35 cm de cada tratamiento en las cuatro repeticiones. La quinta repetición se utilizó para corroborar el rendimiento obtenido en las cuatro repeticiones; en este caso se cosecharon 16 m², los cuales posteriormente se transformaron a la misma superficie de suelo que en las demás repeticiones (0.28 m²), con esto se confirmó la validez de utilizar para rendimiento y sus componentes el tamaño de parcela de 0.28 m². Esto, al encontrarse valores de F calculada de 1.39 y 0.2 para tamaño de parcela respectivamente en la primera y segunda fecha, las cuales fueron inferiores al valor de F $\alpha = 0.05$ de 10.13, siendo no significativos.

b) multiplicado por K $\frac{K}{Y} = 1 + e^{1-bx}$

c) restando 1 $\frac{K}{Y} - 1 = e^{a-bx}$

d) tomando logaritmos $\ln \left(\frac{k}{y} - 1 \right) = a - bx$ (linealizado).

Walker (1978) establece que el valor de K (peso seco total alcanzado) se puede determinar a partir de los datos, tomando un valor un poco más alto que el mayor de los observados. Una vez calculado el valor de K, para estimar a y b se corre la regresión $\ln (K/Y-1)$ como variable dependiente con unidades calor como variable independiente. Los parámetros de regresión estimados (a y b) se sustituyen en la ecuación (1). Así, para cada valor de unidades calor (x), se obtendrá un valor estimado de peso seco (y), los cuales posteriormente se grafican.

La curva de crecimiento en términos de peso seco acumulado en los cultivos, fue dividida en tres períodos por Klages (1942); un período de crecimiento lento (a), otro período de crecimiento rápido o lineal (b) y un período final de no crecimiento o decrecimiento (c); sin embargo, hasta la fecha no existe alguna metodología para calcular exactamente la terminación o inicio de estos tres períodos; por tal motivo, Quijano (1988) planteó una metodología para este propósito.

La metodología consiste en lograr a través de la primera y segunda derivada, la delimitación de dichos períodos (estados) de crecimiento en frijol, estas ecuaciones se dan a continuación:

Ecuación de la primera derivada que representa la velocidad de crecimiento.

$$dy/dx = Kb (e^{a-bx}) / (1 + e^{a-bx})^2 \quad (2)$$

Ecuación de la segunda derivada que representa la aceleración en el crecimiento.

$$d^2 y/dx^2 [Kb^2 e^{a-bx} / (1 + e^{a-bx})^2] [2 e^{a-bx} / a + e^{a-bx} - 1] \quad (3)$$

Al graficar estas dos curvas, junto con la curva logística de crecimiento por acumulación de peso seco total, se tiene la información necesaria para delimitar los tres estados de crecimiento establecidos por Klages (1942). Para delimitar la terminación del primer período (a) y el inicio del (b) en la curva de crecimiento, se procede a proyectar hacia ésta el punto donde la curva de aceleración (ecuación 3) alcanza un valor máximo y el punto donde la curva de velocidad de crecimiento (ecuación 2) inicia el cambio de rápido crecimiento exponencial a crecimiento decreciente.

La terminación del período de rápido crecimiento (b) e inicio del período de decrecimiento (c) en la curva de crecimiento, se establece mediante la proyección lineal hacia ésta del punto en donde se da el cambio decreciente en la curva de velocidad de crecimiento, coincidiendo éste con el punto en donde se presenta la mínima aceleración.

Posteriormente, los tres estados delimitados en la curva de peso seco total acumulado son confrontados con variables climáticas para conocer los requerimientos básicos que deben satisfacer para completar totalmente un período e iniciar el otro.

Para el área foliar, las curvas características son de la forma:

$$Y = e (a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots)$$

que al linealizarse queda de la siguiente manera:

$$\ln y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$$

Donde:

e = Es la base de los logaritmos naturales

y = Es el área foliar

a,b,c,d,= Son los coeficientes de regresión

x = Unidades calor acumuladas durante el ciclo.

3.8.3. Índices fisiotécnicos.

Se estimaron los índices fisiotécnicos de tasa relativa de crecimiento con datos observados (TRC), e índice de cosecha (IC). Estos índices fueron tomados de Causton 1972.

Tasa relativa de crecimiento con datos observados (TRC):

Indica la cantidad de peso seco ganado en relación al peso seco presente, y se expresa como sigue:

$$TRC = \frac{\log W_2 - \log W_1}{UC_2 - UC_1}$$

UC_2 = Unidades Calor₂

UC_1 = Unidades Calor₁

W_2 = Peso Seco en UC_2

W_1 = Peso Seco en UC_1

Este índice permitió interpretar gráficamente la eficiencia en ganancia de peso seco en relación a la precipitación.

Índice de Cosecha (IC).

Es el rendimiento de grano en relación al rendimiento biológico. Este índice fue utilizado para discutir la eficiencia de los genotipos para particionar peso seco hacia el grano. La manera de calcularse, fue al dividir el rendimiento de grano obtenido entre el valor máximo de peso seco observado (incluyendo hojas, tallos y órganos reproductivos) en 0.28 m^2 .

3.8.4. Unidades calor y humedad del suelo.

Para el cálculo de unidades calor se decidió utilizar el índice residual, por tener una acumulación de unidades calor (UC) arriba de una cierta temperatura base, que varía dependiendo del cultivo en cuestión.

De las tres variantes que se consideran en la literatura para el cálculo de unidades calor por el índice residual, se decidió utilizar el método con el que se igualan a 30°C las temperaturas máximas mayores a este valor y para las temperaturas mínimas se consideraron las temperaturas menores a 10°C iguales a 10°C . Se correlacionaron el peso seco y las unidades calor obtenidas por cada método, presentándose el valor de correlación más alto por el método antes descrito, decidiendo así su uso en el presente trabajo. El cálculo de las unidades calor por día y acumuladas durante el ciclo de cultivo para las dos fechas de siembra, se presentan en los Cuadros 1a y 2a respectivamente (1a letra a significa Apéndice).

El método de cálculo fue el siguiente:

$$U.C. = T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}/2 - T_{\text{base}} \text{ (frijol)}$$

$$\text{Temp.máx.} > 30^{\circ}\text{C} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Temp.mín.} < 10^{\circ}\text{C} = 10^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Tem.base} \quad 10^{\circ}\text{C} \quad (\text{Villalpando, 1983})$$

Para la humedad climática, se tomaron datos de precipitación por períodos de cinco días a los cuales se les resta las pérdidas que se presentan por evaporación del suelo y transpiración de las plantas (ETP) (Villalpando, 1983) de esta manera se utilizó un dato que representa la humedad disponible para el cultivo.

El análisis químico de las muestras de suelo en cada fecha de siembra, fue realizado en el Laboratorio del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Guanajuato, (CIAFAP-GTO). En este análisis también se estimó el dato de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP).

En los muestreos de suelo realizados durante el desarrollo del experimento, se determinó el porcentaje de humedad presente en el suelo mediante el método gravimético.

Para obtener la humedad disponible en el cultivo, el porcentaje de humedad del suelo obtenido en las cuatro repeticiones para cada genotipo se promedió y se le restó el valor de PMP, la diferencia se expresó como porcentaje de la humedad disponible por encima del valor de PMP para el cultivo en cada muestreo.

Con el objeto de explicar las variaciones presentes en cada genotipo

respecto a peso seco y velocidad de crecimiento, se determinó el promedio de los porcentajes de humedad, en los dos estados de crecimiento de limitados en la curva de acumulación de peso seco (sección 4.3). Los valores de este porcentaje de humedad estimado por estado de crecimiento para cada genotipo se muestra en el Cuadro 12a.

3.8.5. Efectos de variables de clima en el crecimiento

El crecimiento y desarrollo de los cultivos se encuentra afectado por factores ambientales que en diferente magnitud modifican y limitan su expresión. Klages (1942) y Wilsie (1966) consideran que algunos de los factores ambientales pueden actuar como limitantes o aceleradores en el proceso de crecimiento de los cultivos.

Para estudiar el crecimiento y rendimiento del frijol, en el presente estudio se consideró que estos varían en función de la temperatura y humedad del suelo (FAO, 1981; Kramer, 1974; Wilsie, 1966 y Treshow, 1970).

Por lo tanto, para lograr una interpretación de los resultados, metodológicamente se consideraron gráficamente las tendencias del crecimiento como resultado de la fluctuación de las temperaturas medidas como unidades calor acumuladas, de humedad disponible en el suelo y la precipitación. Esta interpretación gráfica se consideró conveniente para detectar tendencias preliminares, las que en futuros estudios puedan ser conducidas con diferentes niveles de precisión.

Para determinar la diferencia en la humedad disponible en el suelo se efectuó una prueba de t (Steel and Torrie, 1980) para comparar los promedios de ambas fechas a lo largo del ciclo del cultivo.

Para establecer la similitud de la precipitación de 1987 con el promedio de una muestra de 10 años (1976-1986), se utilizó la prueba de Wilcoxon citado por McClave, et al (1979).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Rendimiento de grano y componentes.

Con la finalidad de definir si los genotipos evaluados responden de diferente manera en los ambientes en el cual se evaluaron, se realizó un análisis de varianza en cada ambiente de prueba para el carácter rendimiento de grano.

El análisis se efectuó por fecha y conjuntamente en las dos fechas de siembra para conocer si la interacción genotipo por fecha de siembra fuese significativa.

En el Cuadro 3a (la letra a significa Apéndice), se presentan los datos de rendimiento de grano en 0.28 m^2 para los cuatro genotipos evaluados en las dos fechas de siembra de acuerdo con el muestreo correspondiente descrito en Materiales y Métodos.

4.1.1. Primer fecha de siembra.

El análisis de varianza para la primera fecha de siembra (Cuadro 5) detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos a un nivel de confianza del 1% y no se detectaron diferencias entre repeticiones. El coeficiente de variación fue de 18.969%, el cual se considera aceptable dado que el experimento se realizó bajo las condiciones de manejo del agricultor.

4.1.2. Segunda fecha de siembra.

Para la segunda fecha de siembra, el análisis de varianza (Cuadro 6) detectó también diferencias altamente significativas entre tratamientos a un nivel de confianza de 1%, también sin encontrarse diferencias entre re

peticiones.

Cuadro 5. Resultados del análisis de varianza para rendimiento de grano por parcela (g/.28 m²) primera fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.

F.V.	Gl	S.C.	C.M.	Fca1.	F teórica	
					.05	.01
Media	1	2487.0033				
Genotipos	3	2102.8576	700.95250	38.820**	3.49	5.95
Bloques	4	83.6515	20.912880	1.009NS	3.26	5.41
Error	12	248.71124	20.725036			
Total	20	14922.2238				

C.V. = 18.96%.

Cuadro 6. Resultados del análisis de varianza para rendimiento de grano por parcela (g/.28 m²), segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.

F.V.	Gl	S.C.	C.M.	Fca1.	F teórica	
					.05	.01
Media	1	10709.19200				
Genotipos	3	745.07530	248.358430	11.671**	3.49	5.95
Bloques	4	62.11615	15.529037	0.7297NS	3.26	5.41
Error	12	253.35055	21.279212			
Total	20	11771.73400				

C.V. = 19.934%

El coeficiente de variación fue de 19.934%, e igualmente a la primer fecha se consideró aceptable, dado que este experimento fue conducido totalmente bajo las condiciones de manejo del agricultor.

4.1.3. Análisis combinado.

Los dos análisis de varianza anteriores indican diferencia entre genotipos; sin embargo, para definir si existía interacción de genotipos por fecha de siembra, se consideró conveniente efectuar un análisis combinado, y para establecer si procedía este análisis se efectuó primero una prueba de homogeneidad de varianzas de acuerdo con la prueba de Bartlett.

Cuadro 7. Prueba de homogeneidad de varianzas (Bartlett) para la característica rendimiento de grano en cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.

Genotipo	F de siembra	gl	S ²	Ln S ²
Pinto Americano	1	4	10.32	2.33
Phaacu-125	1	4	57.69	4.05
Canario-101	1	4	2.60	0.96
Selección 4	1	4	12.47	2.52
Selección 4	2	4	18.14	2.90
Pinto Americano	2	4	19.50	2.97
Phaacu-125	2	4	21.87	3.08
Canario-101	2	4	19.85	2.99
		32	162.440	21.8098
			20.305	3.01086

S² = Desviación estándar

LnS² = Logaritmo de la desviación estándar

$$\begin{aligned}
 \chi^2 \text{ no ajustada} &= (gl \times \ln S^2) - (gl \text{ por muestra} \times \ln S^2) \\
 &= (32 \times 3.01086) - (4 \times 21.8) \\
 &= 96.34752 - 87.2 \\
 &= 9.14752
 \end{aligned}$$

$$\chi^2 \text{ ajustada} = \chi^2 \text{ no ajustada} / c$$

$$C = 1 + \frac{1}{3(\# \text{ muestras}-1)} \left[\frac{\# \text{ muestras}}{\text{G.l./muestra}} - \frac{1}{\text{G.l.}} \right]$$

$$= 1 + \frac{1}{3(8-1)} \left[\frac{8}{4} - \frac{1}{32} \right] = 2.0625$$

$$x^2 \text{ ajustada} = \frac{9.14752}{2.0625} = 4.43516$$

$$x^2 = 4.43516 < x^2 \text{ tab } .01 = 18.5$$

Por medio del criterio de prueba anterior se puede establecer que no existió evidencia estadística para rechazar la hipótesis σ fecha 1 = σ fecha 2 para el carácter rendimiento de grano. Consecuentemente, se procedió al análisis de varianza combinado para las dos fechas de siembra.

El análisis de varianza combinado para las dos fechas de siembra (Cuadro 8) mostró diferencias altamente significativas para la fuente de variación genotipos y para la interacción de genotipos por fechas de siembra a un nivel de confianza del 1%.

El coeficiente de variación fue de 18.43%, el cual al igual que en los análisis por fecha de siembra se consideró aceptable.

Con base en lo anterior se procedió a realizar la prueba de comparación de medias (Cuadro 9) por la metodología de la diferencia mínima significativa (DMS) protegida de Fisher, para los genotipos evaluados en cada ambiente de prueba.

Por medio de la prueba de comparación de medias se observa que en la primera fecha de siembra se tienen cuatro grupos estadísticos, en donde Selección 4 presenta el valor más alto y es estadísticamente superior a los otros materiales.

Cuadro 8. Resultados del análisis de varianza combinado para el rendimiento de grano por parcela ($\text{g}/.28 \text{ m}^2$) en cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.

F.V.	GL	S.C.	C.M.	Fcal.	F teórica	
					.05	.01
Media	1	23162.08129				
Bloques/fecha	8	145.76767				
Fechas	1	34.11409	34.11409	1.749636ns	10.13	3.4
Genotipos	3	2540.42099	846.80690	43.43085 **	9.28	29.4
Gen x fecha	3	307.51203	102.50400	5.25720 **		
Error comb.	24	467.94764	19.497818			
Total	40	26693.95780				

C.V. = 18.43%

Cuadro 9. Comparación de medias para rendimiento de grano por parcela ($\text{g}/.28 \text{ m}^2$) de cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.

Fechas	G e n o t i p o s			
	Selección 4	Phaacu-125	Pinto Americano	Canario 101
1	(a) 35.98 a	(a) 30.93 b	(a) 24.28 c	(b) 8.74 d
2	(b) 25.22 b	(a) 29.63 a	(a) 24.22 b	(a) 13.12 c

D.M.S. = 3.376

Los valores con la misma letra no difieren significativamente al nivel de $\alpha = 0.05$. Las letras horizontales comparan genotipos dentro de fechas y las verticales entre paréntesis fechas dentro de un mismo genotipo.

En la segunda fecha de siembra se presentan tres grupos estadísticos, en el primero se encuentra Phaacu-125 con el valor más alto y estadísticamente superior a los otros materiales. En el segundo grupo estadístico se encuentran Selección 4 y Pinto Americano; y por último, Canario 101 con el valor más bajo.

De acuerdo a lo anterior, para la primera fecha de siembra en la región de Cerralvo, N.L., pueden recomendarse sólo Selección 4 y Phaacu-125 (1285 y 1105 kg/ha respectivamente) y para la segunda fecha de siembra se pueden recomendar estas dos variedades y Pinto Americano (901, 1058 y 878 kg/ha respectivamente).

No se recomendaría para Cerralvo en ninguna de las fechas de siembra evaluadas a Canario 101.

Puede observarse en el Cuadro 9, que la interacción detectada en el análisis de varianza combinada para rendimiento de grano, es explicada al considerar que para la segunda fecha de siembra, dos de los genotipos son estadísticamente iguales en rendimiento de grano, y en la primera fecha de siembra los cuatro genotipos evaluados son estadísticamente diferentes. También el orden de Selección y Phaacu-125 cambia de una fecha a la otra, exhibiendo además, diferencia estadística en el rendimiento de grano para ambos genotipos. Este comportamiento diferente de los genotipos en fechas se explica en términos de componentes de rendimiento.

4.1.4. Componentes de rendimiento.

Considerando la información anterior y los datos que se muestran en el Cuadro 10, se puede observar que Selección 4 y Phaacu-125 obtuvieron los valores más altos en rendimiento y componentes de rendimiento al compararlos con Pinto Americano y Canario 101, que fueron secuencialmente los de menor rendimiento.

Selección 4 combinó adecuadamente el número de vainas por 0.28 m^2 , al número de semillas por 0.28 m^2 y peso de cada semilla, para permitir que estadísticamente fuera superior y diferente a los demás genotipos en la

Cuadro 10. Componentes de rendimiento y rendimiento por parcela (0.28 m²) de cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.

Genotipo	No. de semillas por vaina		No. de vainas por 0.28 m ²		No. de semillas por 0.28 m ²		Peso de semillas g/semilla		Rto. de grano g/0.28 m ²	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
Selección 4	5	5	54.28	30.64	271.40	153.20	0.133	0.167	36.0	25.22
Phaacu-125	5	5	66.00	65.73	330.00	328.65	0.094	0.090	30.93	29.63
Pinto Americano	4	4	32.50	24.15	130.00	96.60	0.187	0.254	24.18	24.58
Canario 101	5	5	15.4	15.5	77.00	77.00	0.144	0.171	8.75	13.20

primera fecha de siembra en cuanto a rendimiento de grano. En la segunda fecha de siembra, este genotipo redujo en un 43% el número de vainas producidas por 0.28 m^2 , reduciéndose también el número de semillas por 0.28 m^2 , y no obstante que el peso de semilla se incrementó en un 23%, su rendimiento final fue estadísticamente inferior al valor obtenido por Phaacu-125 y similar al rendimiento de Pinto Americano.

En las dos fechas Phaacu-125 presentó la cantidad mayor de vainas por 0.28 m^2 e igual número de semillas por vaina que Selección 4 y Canario 101, solo que con menor peso de grano respecto a estos genotipos, por lo que el número de vainas compensó al momento de expresar el rendimiento final del cultivo, no presentándose diferencia estadística entre las dos fechas (Cuadro 9).

En el caso de Pinto Americano de la primera a la segunda fecha de siembra se tuvo una reducción de 25% tanto para el número de vainas como para el número de semillas por 0.28 m^2 , mientras que el peso de semilla se incrementó de la fecha uno a la fecha dos en un 38%, siendo esto último por lo que tal vez no se dió diferencia estadística en rendimiento de grano de una fecha a otra para este genotipo.

Canario 101 fue el de menor rendimiento en ambas fechas respecto a los otros genotipos, lo que se explica particularmente por la cantidad de vainas por 0.28 m^2 , explicándose sin embargo el mayor rendimiento de grano en la segunda fecha respecto a la primera por el incremento del 19% en el peso de semilla.

4.2. Modelos de crecimiento y delimitación de estados.

Como ya se estableció en la Introducción, el objetivo del presente estudio fue interpretar en términos de crecimiento las variaciones que determinan el comportamiento diferencial en rendimiento de grano de los genotipos evaluados en las dos fechas de siembra, y a su vez, interpretar cuál de los factores ambientales, temperatura o humedad, o ambas, podrían ser los que determinan tal respuesta diferencial.

Por lo tanto, los modelos de crecimiento y la delimitación de estados para los genotipos bajo estudio se construyeron considerando el peso seco acumulado y área foliar en función de unidades calor, solo por el objetivo antes mencionado y no para efectuar una discusión particular y por separado de ellos, pues este fue el objetivo del trabajo en que se propone la metodología aquí utilizada (Quijano, 1988).

4.2.1. Peso seco acumulado estimado y observado.

Independientemente de qué especie o cultivo se trate, normalmente el rendimiento biológico presenta un crecimiento de tipo sigmoide (Klages, 1942) es de suponer que este crecimiento, al no sufrir restricciones ambientales y transcurrir bajo un óptimo, manifestará su máxima capacidad en el rendimiento producido (Rojas, 1979).

Sin embargo, en condiciones de campo se presenta una gran variabilidad en los factores ambientales, lo que ocasiona modificaciones en la curva sigmoide, respecto a la producción de materia seca en cada etapa de crecimiento y consecuentemente en el crecimiento total alcanzado.

Al estudiar el crecimiento en términos de peso seco. Bertalanffy (1984) y Flores, et al. (1985) establecieron que la relación que existe

entre peso seco y tiempo no es lineal. Por tal motivo, en este trabajo se consideró utilizar unidades calor (UC), debido a que el tiempo no es un factor que produce crecimiento, mientras que la acumulación de unidades calor sí lo hace.

Los datos obtenidos de peso seco para los cuatro genotipos evaluados en las dos fechas de siembra fueron ajustados a la curva logística, por ser ésta la que se asemeja más al fenómeno de crecimiento (Walker, 1978).

En el Cuadro 4a se muestran los valores de regresión simple obtenidos para los cuatro genotipos de frijol en las dos fechas de siembra, observándose que en todos los modelos se presentó un buen ajuste ($r^2 > 0.9$).

4.2.1.1. Genotipos por separado en fechas, peso seco estimado y observado. En las Figuras 3 y 4 se muestra para cada genotipo las gráficas de estos modelos de peso seco estimado para la primera y segunda fecha de siembra respectivamente, y se incluyen los promedios del peso seco observado acumulado en cada muestreo. Estas curvas son una indicación gráfica del ajuste aceptable del modelo sobre los datos reales para las dos fechas de siembra, lo cual explica el haber obtenido valores de r^2 mayores a 0.9 para cada modelo.

Puede observarse que la curva de crecimiento estimado de peso seco en todos los genotipos continúa incrementándose en la parte final, aún y cuando ya se halla concluido la cosecha en estos genotipos; esto implica que por la forma de estimar K, se tiene que prolongar la acumulación de las UC para alcanzar el punto máximo de peso seco más allá del último muestreo.

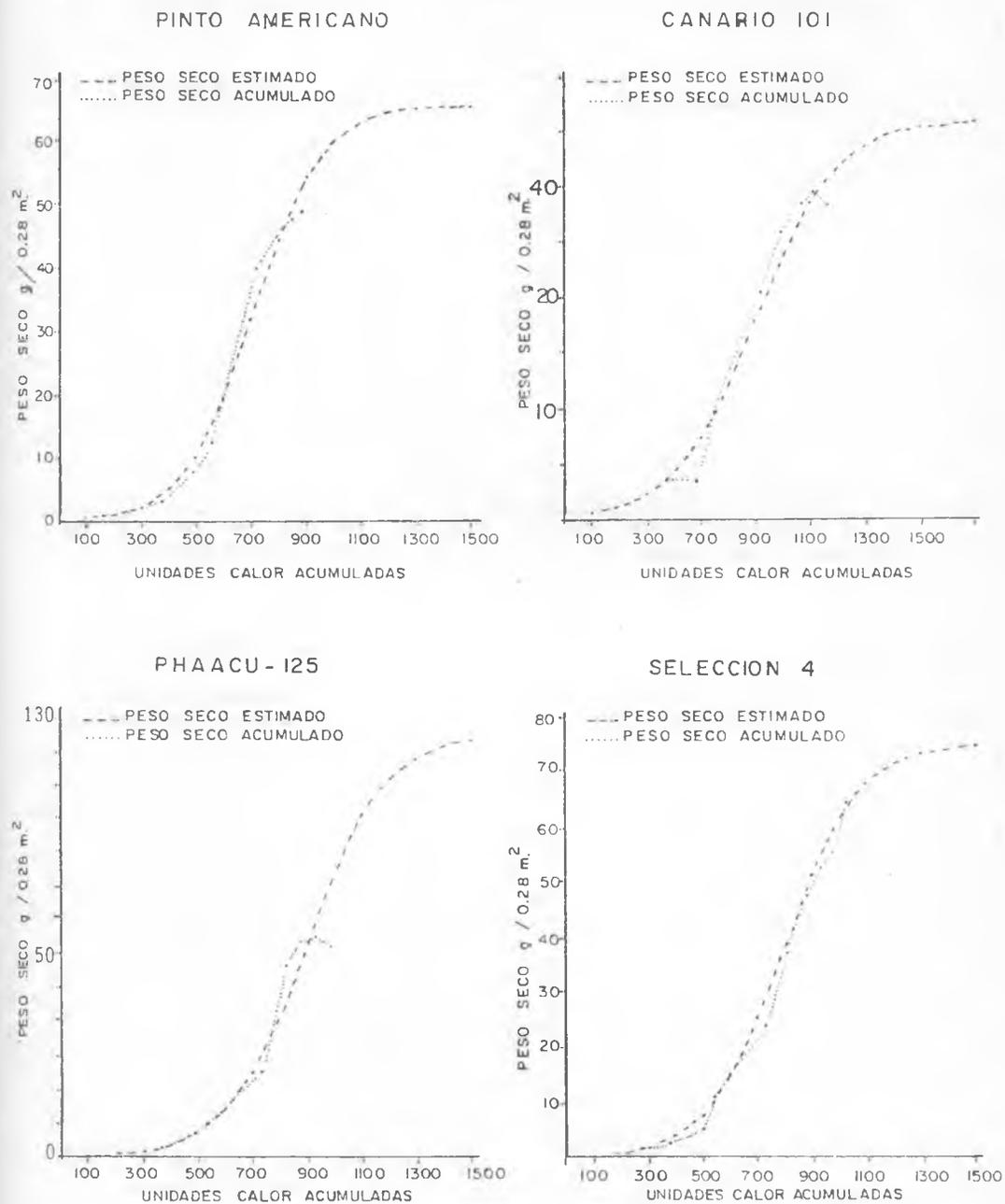


Figura 3. Curvas logísticas que representan la acumulación del peso seco, en función de U.C. acumuladas para cuatro genotipos de frijol en la primera fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.

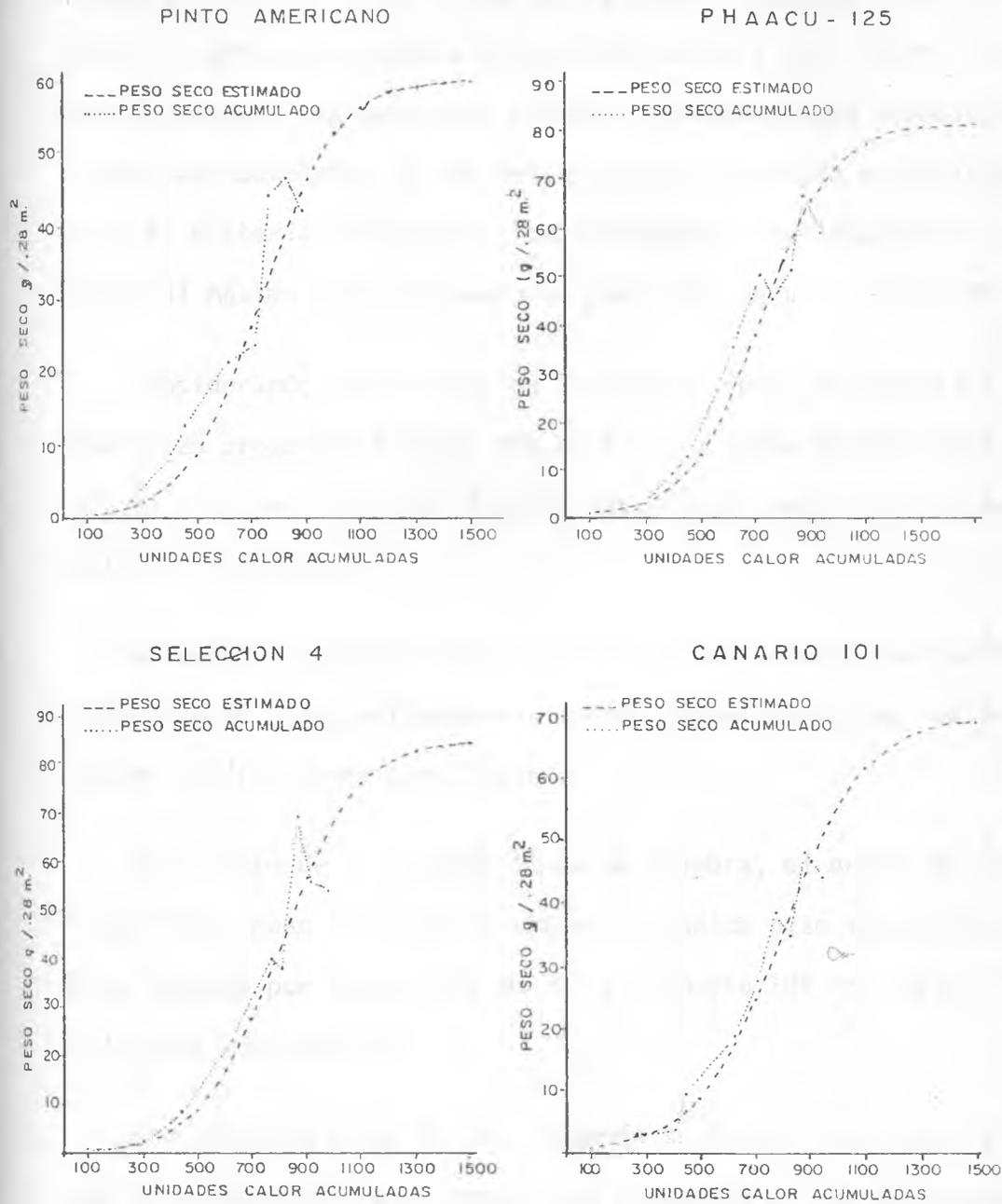


Figura 4. Curvas logísticas que representan la acumulación de peso seco en función de U.C. acumuladas para cuatro genotipos de frijol en la segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.

4.2.1.2. Genotipos conjuntamente en fechas, peso seco estimado. En la Figura 5, se presentan los cuatro genotipos conjuntamente en cada fecha de siembra; en ella se observa que en la primer fecha de siembra las curvas tienden a presentar mayores diferencias entre ellas que en la segunda fecha, en la cual los genotipos tienden a presentar una acumulación de peso seco más semejante. Estas diferencias se discuten a continuación utilizando el criterio de comparar las diferencias absolutas de los modelos en cuanto al máximo valor estimado de peso seco de una fecha a otra.

Considerando lo anterior en la primera fecha de siembra (Figura 5), Phaacu-125 presentó el valor más alto en la curva de peso seco estimado (125 g) y el material con el valor más bajo en peso seco estimado fue Canario 101 con 56 g.

Selección 4 y Pinto Americano obtuvieron un peso seco máximo estimado de 75 y 66 g respectivamente, siendo estos materiales intermedios a los dos anteriormente mencionados.

En el caso de la segunda fecha de siembra, el orden de los genotipos se modifica, pues Selección 4 obtuvo el máximo peso seco estimado con 85 g, seguido por Phaacu-125 con 81 g, Canario 101 con 70 g y finalmente, Pinto Americano con 60 g.

Considerando ambas fechas, también se observa que tanto Phaacu-125 como Pinto Americano manifiestan una reducción en los valores de la curva de peso seco estimado de la primera a la segunda fecha de siembra. Por el contrario Selección 4 y Canario 101 los aumentan.

Las diferencias más fuertes en el valor máximo de peso seco estimado en la curva se detectaron en Phaacu-125 y Canario 101 debido a que Phaacu

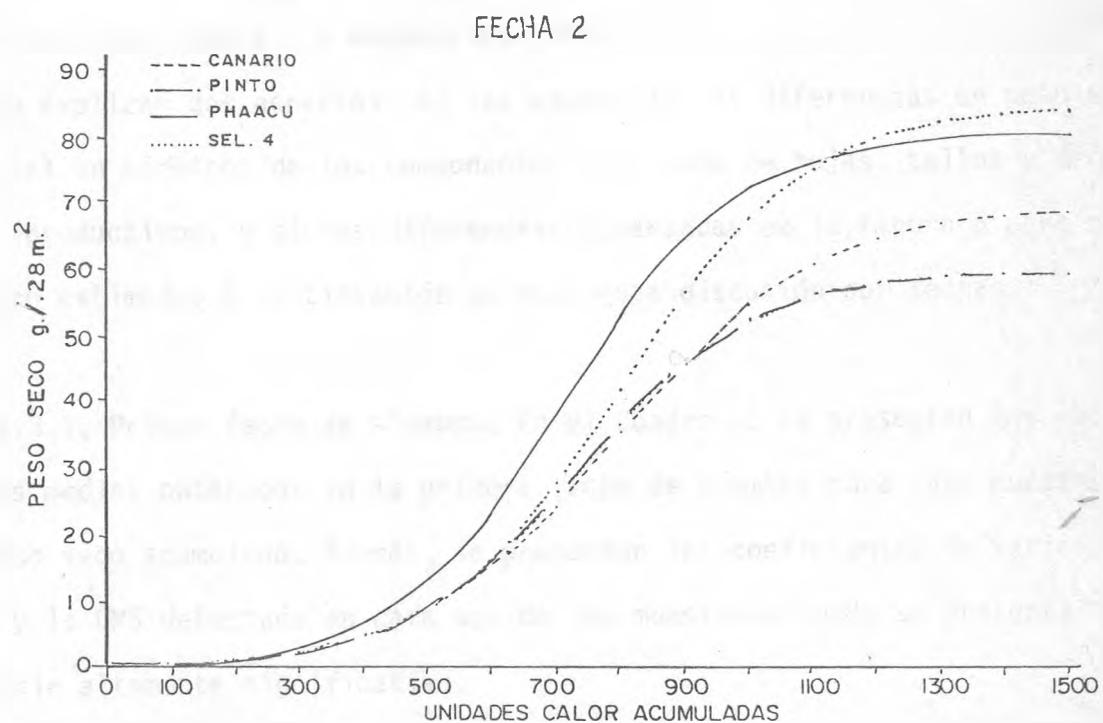
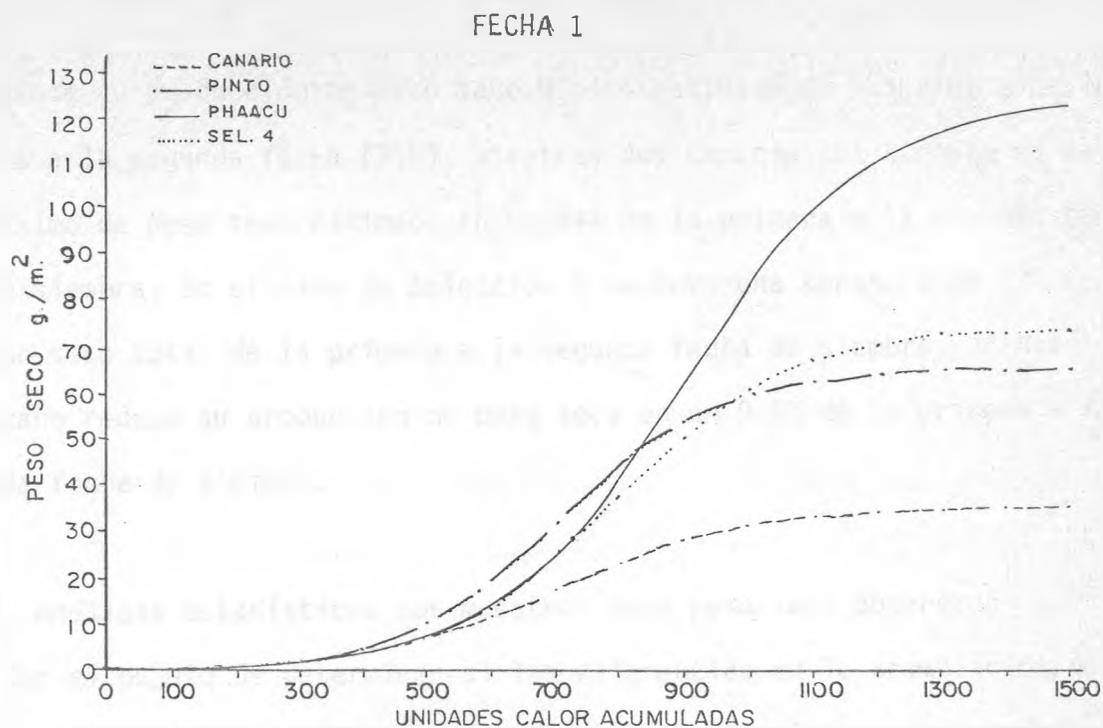


Figura 5. Curvas logísticas que representan la acumulación de peso seco en función de U.C. para cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.

125 reduce su producción de peso seco máximo estimado de 125 a 81 g de la primera a la segunda fecha (35%), mientras que *Canario 101* aumentó el valor máximo de peso seco estimado en un 94% de la primera a la segunda fecha de siembra. En el caso de Selección 4 se tuvo una ganancia de 13% en el peso seco total de la primera a la segunda fecha de siembra y Pinto Americano reduce su producción de peso seco en un 9.1% de la primera a la segunda fecha de siembra.

2.1.3. Análisis estadísticos por muestreo para peso seco observado.

Con el objeto de determinar si las diferencias en la acumulación de peso seco observado durante el ciclo de cultivo para los cuatro genotipos pudieron o no ser estadísticamente significativas, se realizó un análisis de varianza en cada uno de los muestreos efectuados y para cada una de las fechas de siembra. De encontrarse diferencias estadística estas permitirían explicar dos aspectos: a) las causas de las diferencias en peso seco total en términos de los componentes peso seco de hojas, tallos y órganos reproductivos, y b) las diferencias observadas en la Figura 5 para peso seco estimado. A continuación se hace esta discusión por fechas.

4.2.1.3.1. Primer fecha de siembra. En el Cuadro 11 se presentan los cuadrados medios obtenidos en la primera fecha de siembra para cada muestreo de peso seco acumulado. Además, se presentan los coeficientes de variación y la DMS detectada en cada uno de los muestreos donde se presenta diferencia altamente significativa.

En este cuadro se observa que para la primera fecha de siembra, solamente para el primero, cuarto, octavo y décimo muestreo se presentó diferencia significativa para peso seco entre genotipos.

Al realizar la comparación de medias de los genotipos (Cuadro 12), se observa que en el primer muestreo, Pinto Americano y Canario 101, tienen los valores más altos (1.2 g) y estadísticamente son superiores a Selección 4 y Phaacu-125 (.9 y .7g respectivamente). En el cuarto muestreo Pinto Americano también presenta el valor más alto en peso seco (8.2 g) y estadísticamente es superior a los demás materiales. Para el octavo muestreo Phaacu-125 obtuvo el valor más alto en peso seco acumulado (64.0 g), siendo estadísticamente superior a Pinto Americano y Selección 4, que presentan respectivamente 48.7 y 48.0 g. y por último, Canario 101 con el valor más bajo de peso seco (28.7 g).

En el décimo muestreo no aparece Pinto Americano por haber concluido su ciclo en el octavo muestreo. En este último muestreo Phaacu-125 y Selección 4 fueron estadísticamente iguales con 64.4 y 53.7 g respectivamente, mientras que Canario 101 fue el de menor peso seco total e inferior estadísticamente a los otros genotipos.

En el Cuadro 12 puede observarse que el mayor componente del peso seco total es el peso seco de hojas en el primero y cuarto muestreo mientras que en el octavo y décimo muestreo lo fue el peso seco de órganos reproductivos, por lo que las diferencias entre el peso seco total de los genotipos en los muestreos mencionados, fue debido a estos componentes.

Considerando la Figura 5, puede apreciarse que en el primer muestreo (171.5 UC) por efecto de escala no se observan diferencias y en el cuarto y octavo muestreo (497.5 y 870.5 UC respectivamente) las diferencias absolutas son evidentes y coinciden con las diferencias estadísticas (Cuadro 12). Para el décimo muestreo ocurre lo mismo; sin embargo, se observa el efecto de la sobrestimación de la curva en el punto donde se presenta es-

Cuadro 11. Cuadrados medios de los análisis de varianza para muestreos de peso seco. Primera fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.

F.V.	G.L.	M u e s t r e o s									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G	3	.2560**	.1022ns	.6355ns	6.036**	11.286ns	287.920ns	708.50ns	821.25**	1399.90ns	1476.09*
R	3	.0475ns	.2338ns	.1522ns	2.345*	1.077ns	7.9664ns	418.246ns	29.225ns	330.709ns	46.631ns
C.V. (%)		14.9638	19.4743	19.3551	11.4279	37.2991	24.4853	38.8752	18.2891	46.8716	25.9493
DMS (.05)		.2058			.9953				11.208		17.273

FV = Fuente de variación; G.L. = Grados de libertad; G = Genotipo; R = Repeticiones; C.V.= Coeficiente de variación;

DMS = Diferencia mínima significativa.

** Altamente significativo

* Significativo

ns No significativo

Cuadro 12. Comparación de medias de tratamientos por la DMS para el promedio de peso seco total por 0.28 m² en cuatro genotipos de frijol. Primera fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo N.L. 1987.

1 (171.5 UC) ¹			M u e s t r e o s 4 (497.5 UC)			8 (870.5 UC)			10 (983.5 UC)						
Pinto ³	1.2	a ²	PSH 0.8	Pinto	8.2.	a	Phaacu	64.0	a	13.2	Phaacu	64.4	a	7.4	
			PST 0.4							3.0				11.5	10.7
			PSOR 0.0							0.0				39.3	46.3
Canario	1.2	a	PSH 0.8	Phaacu	6.9	b	Pinto	48.7	b	7.1	Selección	53.7	a	9.1	
			PST 0.4							2.2				8.0	8.0
			PSOR 0.0							0.0				33.6	36.6
Selección	0.9	b	PSH 0.6	Selección	6.5	b	Selección	48.0	b	13.7	Canario	27.1	b	3.6	
			PST 0.3							1.7				10.7	7.4
			PSOR 0.0							0.0				23.5	16.1
Phaacu	0.7	b	PSH 0.5	Canario	5.2	c	Canario	28.7	c	6.9				6.9	
			PST 0.2							1.8				7.9	7.9
			PSOR 0.0							0.0				13.9	13.9
D.M.S.	.2				.9					11.2				17.2	

¹UC = Unidades Calor; PSH = Peso Seco de Hojas; PST = Peso Seco de Tallos; PSOR = Peso Seco de Organos Reproductivos

²Las cantidades con la misma letra son estadísticamente iguales

³Pinto = Pinto Americano; Canario = Canario 101; Selección = Selección 4; Phaacu = Phaacu-125

te último muestreo de peso seco (983.5 UC), debido a que en este punto Pinto Americano aparece graficado, no obstante de que este ya había sido cosechado en el octavo muestreo (870.5 UC).

4.2.1.3.2. Segunda fecha de siembra. Para la segunda fecha de siembra (Cuadro 13), se observa que en el primero, segundo, tercero, cuarto, quinto y octavo muestreo se presentó diferencia altamente significativa entre genotipos, por tal motivo, se procedió a efectuar la prueba DMS en cada uno de estos muestreos.

Al realizar la comparación de medias de los genotipos (Cuadro 14), se observa que en el primer muestreo los cuatro genotipos son estadísticamente diferentes, siendo Pinto Americano el que presenta el valor más alto en peso seco acumulado (2.7 g) y Phaacu-125 el valor más bajo de los cuatro materiales evaluados (1.3 g). En los siguientes cinco muestreos en los que se presentó diferencia significativa, Phaacu-125 resultó ser el que presentó el valor más alto en peso seco acumulado y estadísticamente fue diferente en casi todos los muestreos respecto al menos dos de los otros genotipos evaluados.

En el cuarto, quinto y octavo muestreo, Selección 4 presentó un alto valor de peso seco acumulado, siendo en el último muestreo estadísticamente igual de Phaacu-125 y superior a Canario 101 y Pinto Americano.

Respecto a los componentes del peso seco total puede observarse que en los primeros cuatro muestreos la mayor componente es el peso seco de hojas con excepción de Canario 101 en el cuarto muestreo en el cual la mayor componente lo es el peso seco de tallos. A partir del cuarto muestreo se inicia la aparición de órganos reproductivos sin llegar a ser la mayor

Cuadro 14. Comparación de medias de tratamientos para peso seco por la DMS, en cuatro genotipos de frijol. Segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L.

		M u e s t r e o s															
1 (298.5 UC) ¹		2(404.0 UC)				3(460.5 UC)				4(636.0 UC)				5(713.7 UC)		8(890.2 UC)	
Pinto ³	2.7a ²	PSH 1.7 PST 1.0 PSOR 0.0	Phaacu	9.9a	6.6 3.7 0.0	Phaacu	12.0a	8.1 3.9 0.0	Phaacu	34.8a	13.5 11.7 9.6	Phaacu	50.0a	15.3 13.4 21.3	Selección	69.3a	18.2 13.4 37.1
Canario	2.0 b	PSH 1.3 PST 0.7 PSOR 0.0	Pinto	7.4 b	4.5 2.9 0.0	Pinto	11.6a	7.8 3.8 0.0	Selección	23.7 b	12.6 10.7 0.4	Selección	30.2 b	14.7 12.4 3.1	Phaacu	65.4	10.5 12.2 42.7
Selección	1.6 c	PSH 1.2 PST 0.0 PSOR 0.0	Selección	4.9 c	3.6 1.3 0.0	Canario	9.1 b	6.2 2.9 0.0	Pinto	23.3 bc	10.8 10.8 1.7	Pinto	28.3 b	10.7 11.7 5.9	Canario	48.1 b	9.3 11.8 27.0
Phaacu	1.3 d	PSH 0.8 PST 0.5 PSOR 0.0	Canario	4.7 c	3.0 1.7 0.0	Selección	7.7 c	5.8 1.9 0.0	Canario	18.7 c	8.2 12.7 1.4	Canario	27.4 b	69.9 12.7 4.8	Pinto	42.8 b	1.8 7.4 33.6
D.M.S.	.18			1.24			1.51			4.57			8.13			11.31	

¹UC = Unidades Calor; PSH = Peso seco de hojas; PST = Peso seco tallos; PSOR= Peso seco de órganos reproductivos.

²Las cantidades con la misma letra son estadísticamente iguales

³Pinto = Pinto Americano; Selección = Selección 4; Phaacu = Phaacu-125; Canario - Canario 101

componente con la excepción de Phaacu-125 en el cual esta componente es la mayor. En el octavo muestreo el peso seco de órganos reproductivos es la mayor componente del peso seco total en los cuatro genotipos.

Considerando la Figura 5 en el primer muestreo (298.5 UC) no se aprecian diferencias en el peso seco estimado en el primer muestreo debido a la reducción de la escala usada en las ordenadas, no obstante que se dieron diferencias. Para el segundo, tercero y cuarto muestreo (404, 460.5 y 636 UC respectivamente) se evidencian pequeñas diferencias entre las curvas siendo Phaacu-125 superior a los otros tres genotipos tal como se detectó en la comparación de medias de peso seco observado (Cuadro 14). En el quinto muestreo (713.7 UC) en la Figura 5 Phaacu-125 es superior a los otros tres genotipos en el peso seco estimado, siendo para el peso seco observado significativa esta diferencia (Cuadro 14); sin embargo, las pequeñas diferencias entre los tres genotipos que se observan en la Figura 5 para peso seco estimado, en términos de peso seco observado no se consideran significativas como se aprecia en el Cuadro 14. Finalmente, solo para el octavo muestreo en esta fecha dos, puede observarse que el orden de los valores de peso seco estimado para Phaacu-125 y Selección 4 en la Figura 5, están invertidos respecto a los valores de peso seco observado en el Cuadro 14, no obstante que en este último no existe diferencia estadística entre ellas. Esto último podría explicarse como resultado del método para ajustar los modelos de crecimiento en los valores observados.

4.2.1.4. Peso seco observado y rendimiento de grano. Con base a los resultados obtenidos para rendimiento de grano y peso seco observado, se puede establecer que tanto Selección 4 como Phaacu-125 presentaron altos valo-

res para estas variables- (Cuadros 9, 12 y 14), coincidiendo con lo encontrado por Beltrao, Días, Molina, citados por Kohashi (1979), quienes indican que en frijol el mayor rendimiento de grano por planta está asociado a una mayor producción de materia seca total por planta y por tanto, por unidad de área. Sin embargo, esto no necesariamente es así, pues es importante considerar también la capacidad para destinar peso seco al grano, lo cual está medido por el índice de cosecha, según lo establece (Evans, 1981), por lo tanto se presenta el Cuadro 15, en donde se dan los índices de cosecha para cada genotipo en cada fecha y el promedio.

Cuadro 15. Rendimiento del grano, peso total e índice de cosecha para cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.

Genotipos		Rendimiento Grano (g/.28 m ²)	Peso Seco total (g/.28 m ²)	I.C. (%)
Selección 4	1	35.98	63.6	56.55
	2	25.22	53.9	46.71
	\bar{X}	30.60	58.75	51.63
Phaacu-125	1	30.93	63.1	48.98
	2	29.63	58.4	50.74
	\bar{X}	30.28	60.7	49.86
Pinto Americano	1	24.28	48.8	49.72
	2	24.22	42.2	57.32
	\bar{X}	24.25	45.5	53.52
Canario 101	1	8.74	27.2	32.15
	2	13.12	42.7	30.74
	\bar{X}	10.93	34.95	31.44

Se aprecia que el mayor índice de cosecha promedio lo presenta Pinto Americano (53.52) lo que podría indicar que este genotipo sería el más eficiente de todos para destinar fotosintatos al grano; sin embargo, este valor no es confiable dado que al momento de la cosecha este genotipo había perdido la mayor parte de sus hojas en la segunda fecha de siembra como

se puede apreciar en el Cuadro 14, este genotipo en la segunda fecha de siembra presenta el índice de cosecha más alto, lo cual incrementa el promedio.

Selección 4 y Phaacu-125 en ambas fechas de siembra presentan los valores más altos en peso seco total y rendimiento de grano (Cuadro 15) por lo que resultan ser los más eficientes en la partición de peso seco al grano, confirmándose esto al observar el Cuadro 10, pues estos dos genotipos presentan los valores más altos en los componentes de rendimiento número de vainas y número de semillas por 0.28 m^2 .

4.2.2. Delimitación de estados de crecimiento.

Para la delimitación de los estados de crecimiento en la curva de peso seco total para cada genotipo, se utilizó el método propuesto por Quijano (1988). En este se estableció que mediante la proyección hacia el eje de las X del punto máximo y mínimo alcanzado en la curva de aceleración sobre la curva de velocidad de crecimiento, se obtiene la delimitación de los tres estados de crecimiento citados por Klages (1942).

En los Cuadros 5a, 6a, 7a y 8a, se presentan los valores estimados para los principales características de plantas en los cuatro genotipos evaluados. A partir de los datos de los cuadros anteriores se consideraron peso seco acumulado (PSAC), velocidad de crecimiento (VC) y aceleración (ACELERAC) en cada uno de los genotipos para construir las Figuras 1a, 2a, 3a y 4a en las que se presenta la delimitación de los estados de crecimiento para cada genotipo en las dos fechas de siembra.

En términos generales, la forma de las curvas de aceleración de peso seco, velocidad de crecimiento y aceleración, tienden a ser semejantes en

su forma para todos los genotipos en las dos fechas de siembra; sin embargo, se observaron diferencias entre fechas para un mismo genotipo en cuanto al punto máximo y mínimo de la aceleración en relación al número de unidades calor a las cuales se dan estos valores y consecuentemente en la delimitación de los estados de crecimiento para cada uno de ellos de una fecha a otra.

Con la información de los Cuadros 5a al 8a y de las Figuras 1a, 2a, 3a, y 4a., se pudo construir el Cuadro 16, en el cual se presenta la duración en UC de los dos primeros estados de crecimiento, el peso seco acumulado en cada uno de estos y el porcentaje de peso seco con respecto al total alcanzado.

Se observa en este cuadro, que similarmente a lo encontrado en las Figuras 1a, 2a, 3a, y 4a, las UC acumuladas para cada genotipo en los dos estados de crecimiento fue muy variable en cada uno de éstos y en las dos fechas de siembra. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Wilsie (1966) y Kish, et al. (1979) en el sentido de que las unidades calor no son un buen indicador para predecir las etapas de crecimiento por su variación y baja consistencia presentada.

El peso seco acumulado también fue diferente en cada uno de estos. Sin embargo, el porcentaje de peso seco con respecto al total fue en el primer estado de aproximadamente 21%, para el segundo estado se presentó un rango de 55.7 y 61.7% por lo que en términos generales el peso seco acumulado en este período de crecimiento fue de 59% para los cuatro genotipos evaluados en las dos fechas de siembra.

Considerando que las etapas de crecimiento están caracterizadas por

Cuadro 16. Duración de estados de crecimiento (U.C.) peso seco acumulado (g/.28 m²) y porcentaje de peso seco obtenido por cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.

Genotipo	Duración (U.C.)	Estado 1		Duración (U.C.)	Estado 2	
		Peso seco (g/.28m ²)	% del total		Peso seco (g/.28m ²)	% del total
<u>Primera Fecha:</u>						
Selección 4	610	15.6187	20.8	390	61.3179	61.7
Phaacu-125	710	26.4145	21.1	390	100.696	60.5
Pinto Americano	550	14.0	21.2	300	50.0	55.7
Canario 101	500	7.3820	20.5	400	28.599	59.0
\bar{X}			20.9			59.225
<u>Segunda Fecha:</u>						
Selección 4	620	18.524	21.7	380	68.1478	60.1
Phaacu-125	550	17.9752	22.1	350	65.261	60.5
Pinto Americano	550	11.8	19.6	350	46.52	57.5
Canario 101	600	15.2570	21.7	400	55.340	59.0
\bar{X}			21.2			59.225

una cierta velocidad de crecimiento y acumulación de materia seca, a través de la capacidad predictiva del modelo de crecimiento y que de acuerdo con Abbe (1905), Villalpando (1983) y Ortiz (1987) una etapa de crecimiento (determinado peso seco) se alcanza a una cantidad definida de calor, puede interpretarse que tal acumulación de materia seca por estapa es afectada por el mayor o menor calor acumulado; sin embargo, los resultados aquí obtenidos contradicen tal consideración, pues independientemente de la cantidad de unidades calor y variación del peso seco por estado en cada genotipo estudiado, la cantidad de peso seco en proporción al total (%) fue la misma para cada estado, independientemente de genotipos y fechas, pues se encontró que el porcentaje de peso seco acumulado es aproximadamente del 20, 60 y 20% respectivamente para cada uno de los estados diferenciados y reconocidos por Klages (1942) y Van Heemst (1986).

Dada la consistencia de los datos a este respecto, estos resultados a pesar de ser producto de un año de trabajo, podrían considerarse como de alto valor productivo acerca de cómo el peso se acumula en frijol, al menos para los genotipos sembrados en las fechas de siembra y la localidad en la cual se condujo el presente trabajo y para años similares a 1987.

No obstante Quijano (1988) al evaluar estos mismos materiales en la región de Gral. Terán, N.L. durante el ciclo tardío, en donde se presenta una mayor precipitación durante el ciclo de cultivo, obtuvo una consistencia similar en el porcentaje de peso seco con respecto al peso seco total en los dos estados de crecimiento de cada genotipo.

En el Cuadro 17 se presentan los requerimientos promedio de UC por estado de crecimiento y el rendimiento de grano obtenido por cada uno de

Cuadro 17. Unidades calor por estado y rendimiento de grano por genotipo. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.

Genotipo	Primer Estado			Segundo Estado			Rendimiento (g/.28 m ²)		
	Fechas		\bar{X}	Fechas		\bar{X}	Fechas		\bar{X}
	1	2		1	2		1	2	
Selección 4	620	620	615	390	380	385	35.9	25.2	30.5
Phaacu-125	710	550	630	390	350	370	30.9	29.6	30.2
Pinto Americano	550	550	550	300	350	325	24.2	24.5	24.3
Canario 101	500	600	550	400	400	400	8.7	18.1	10.9
\bar{X}	592.5	580	586.2	370	370	370	24.9	23.1	24.0

los genotipos en las dos fechas de siembra. En este cuadro se puede apreciar que los requerimientos promedio de UC en los genotipos evaluados son mayores en el primer estado de crecimiento respecto al segundo estado. También se puede hacer notar que Selección 4 y Phaacu-125 en ambas fechas de siembra acumularon una mayor cantidad promedio de UC durante el primer estado de crecimiento, coincidiendo con los valores más altos en rendimiento de grano. Esto pudiera indicar que para frijol los genotipos de alto potencial de rendimiento serían aquellos que tuvieron mayores requerimientos de calor en el primer estado.

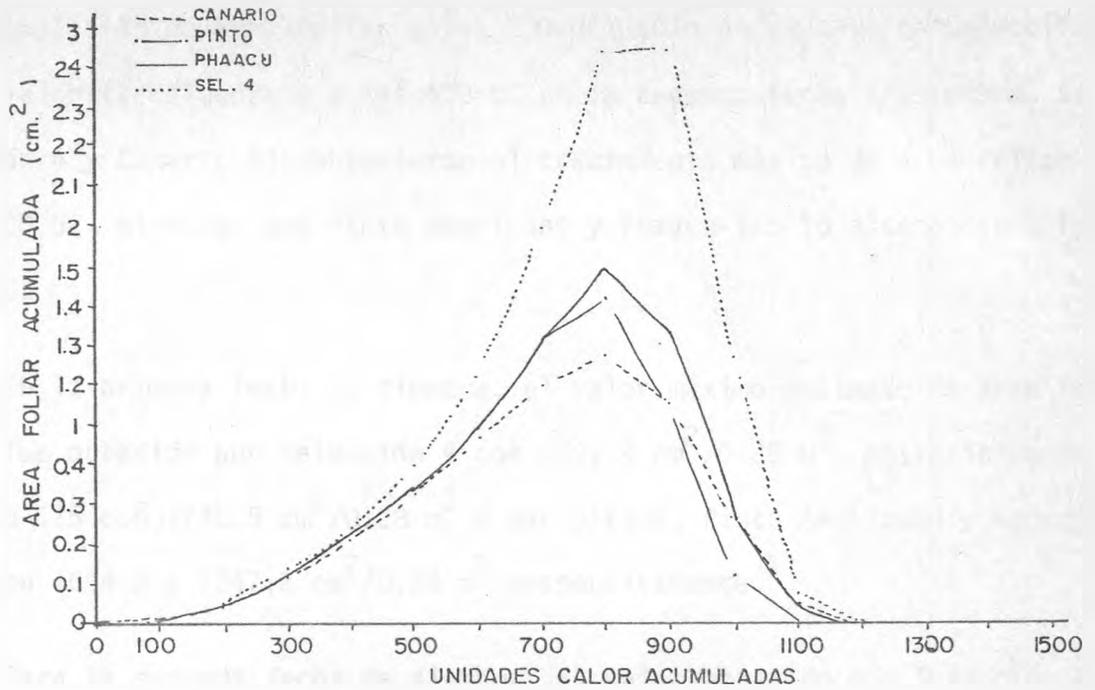
4.2.3. Área foliar de los genotipos en conjunto.

Para representar la acumulación del área foliar estimada, las curvas características son del tipo exponencial polinómicas. Los modelos de regresión (obtenidos para estimar el área foliar en base a UC de cada genotipo en los ambientes de prueba, se presentan en el Cuadro 9a, donde puede observarse que la mayoría de los modelos se ajustaron a polinomios exponenciales cuárticos, obteniéndose valores de $R^2 \geq .9$, o en algunos casos valores muy cercanos a éste, por lo que se asegura una buena estimación de la acumulación, a través de los muestreos para el área foliar estimada.

Los valores estimados a través de los cuales se contruyen las curvas exponenciales se presentan en la columna de área folia (AFOL) de los Cuadros 5a, 6a, 7a y 8a, que corresponden a cada genotipo evaluado en las dos fechas de siembra. Estas curvas se presentan en la Figura 6. en la cual se observa que en la segunda fecha de siembra se presentaron los valores más altos de área foliar para los cuatro genotipos evaluados.

Durante la primera fecha de siembra, los genotipos obtuvieron su máxi

FECHA 1



FECHA 2

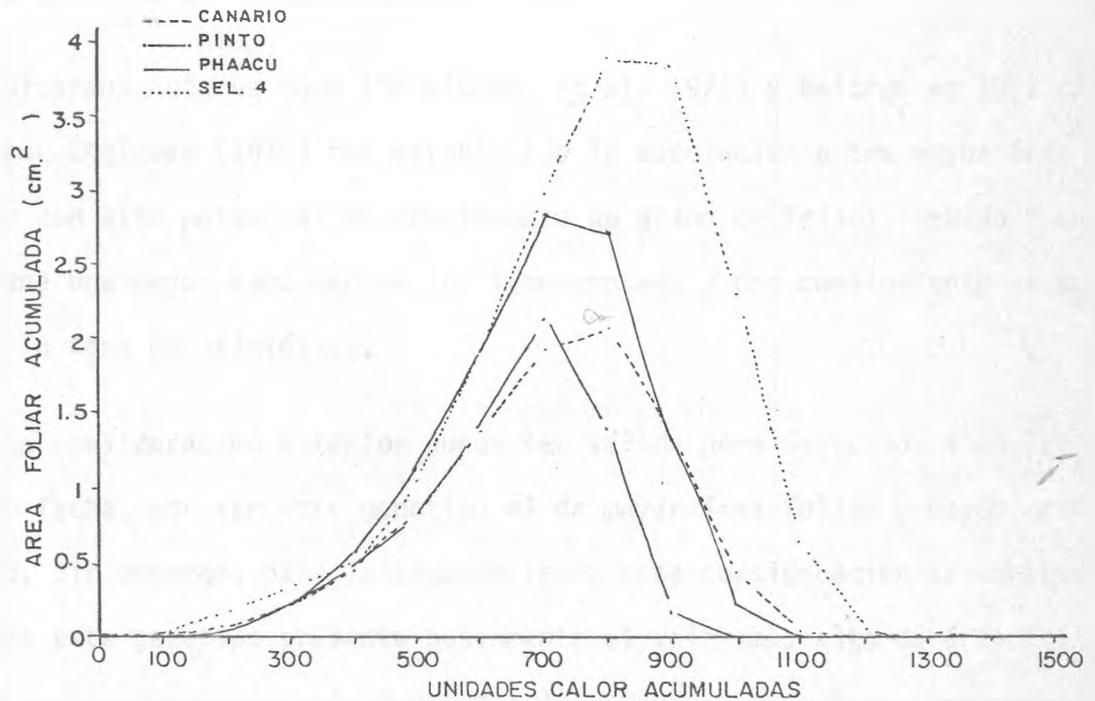


Figura 6. Curvas exponenciales polinómicas que representan el crecimiento de área foliar (miles cm^2), en función de U.C. para cuatro genotipos en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.

ma acumulación de área foliar a las 800 UC, sólo en el caso de Selección 4 este valor fue alcanzado a las 900 UC en la segunda fecha de siembra, Selección 4 y Canario 101 obtuvieron el crecimiento máximo de área foliar a las 800 UC, mientras que Pinto Americano y Phaacu-125 lo alcanzaron a las 700 UC.

En la primera fecha de siembra, el valor máximo estimado de área foliar fue obtenido por Selección 4 con $2891.2 \text{ cm}^2/0.28 \text{ m}^2$, posteriormente Phaacu-125 con $1786.9 \text{ cm}^2/0.28 \text{ m}^2$ y por último, Pinto Americano y Canario 101 con 1634.8 y $1347.2 \text{ cm}^2/0.28 \text{ m}^2$ respectivamente.

Para la segunda fecha de siembra, el valor obtenido por Selección 4 fue de $3877.3 \text{ cm}^2/0.28 \text{ m}^2$, mientras que Phaacu-125 alcanzó un valor de $2808.1 \text{ cm}^2/0.28 \text{ m}^2$, Pinto Americano y Canario 101 presentaron 2124.4 y $1634.8 \text{ cm}^2/0.28 \text{ m}^2$ respectivamente (Cuadro 5a, 6a, 7a y 8a).

Diversos autores como (Magalhaes, *et al.* 1971) y Beltrao en 1973 citado por Engleman (1979) han establecido la asociación entre mayor área foliar con alto potencial de rendimiento de grano en frijol, debido a que se tiene una mayor cantidad de luz interceptada y por consiguiente se aumenta la tasa fotosintética.

La consideración anterior puede ser válida para Selección 4 en la primer fecha, por ser este genotipo el de mayor área foliar y mayor rendimiento. Sin embargo, para la segunda fecha esta consideración se contradice pues este genotipo presenta nuevamente el valor más alto de área foliar máxima, pero no obtiene el máximo rendimiento de grano al ser superado por Phaacu-125. Esto podría explicarse por la menor partición de fotosintatos que se da en Selección 4 bajo las condiciones ambientales de la segunda

fecha, lo cual se refleja en el índice de cosecha (Cuadro 15). Por lo tanto, el índice de cosecha debe de considerarse como criterio adicional a lo establecido por los autores antes citados.

4.3. Efecto de variables ambientales en el crecimiento por genotipo.

Las diferencias observadas y discutidas anteriormente para peso seco, área foliar y rendimiento de grano en los ambientes de prueba, refleja la existencia de condiciones ambientales variables que modifican la expresión de cada genotipo. Esto ha sido explicado por Klages (1942) en términos de desviaciones del crecimiento respecto al óptimo y por Billings (1968) en el concepto de holocenosis. El entendimiento de las variaciones en los caracteres antes mencionados en función de los factores ambientales, permitirá explicar las causas de la interacción de genotipos por fechas de siembra detectada en el análisis combinado para rendimiento de grano (Cuadro 8). Para lo anterior se utilizó una interpretación gráfica de las tendencias en el crecimiento bajo la humedad disponible en el suelo y la precipitación, esto con el fin de identificar tendencias preliminares que puedan en futuros trabajos cuantificarse a diferente nivel de precisión.

Con el objeto de esclarecer la variación presentada por los genotipos evaluados en los ambientes de prueba, se conducirá la discusión por genotipo de acuerdo al orden del rendimiento de grano obtenido.

La interpretación gráfica para cada genotipo se presenta en función de dos criterios: en el primero se analizará el efecto que produce el porcentaje de humedad disponible en el suelo sobre el proceso de acumulación de peso seco y la velocidad de acumulación de peso seco, y el segundo com

plementario, en base a la tasa relativa de crecimiento y la precipitación acumulada para cada muestreo.

Finalmente se considerará conjuntamente para todos los genotipos el posible efecto de la fecha de siembra sobre la tasa relativa de crecimiento y el rendimiento de grano en función de valores extremos de temperatura en ambas fechas.

4.3.1. Peso seco y velocidad de acumulación de peso seco en función de la humedad disponible en el suelo.

En base a los datos de porcentaje de humedad disponible del suelo presentados en el Cuadro 12a, se compararon mediante una prueba de t los promedios de humedad disponible para las dos fechas de siembra, siendo 34.2 y 26.5% respectivamente para la primera y segunda fecha. Se obtuvo un valor de t calculada de 2.5820, el cual fue superior al valor de t tabulada ($\alpha = 0.05$) de 2.131, rechazándose la hipótesis de que estas medias fueron iguales, por lo que se concluyó que el cultivo transcurrió con más humedad disponible en el suelo durante la primer fecha de siembra. Esto justificó la discusión anterior de efectuar la interpretación gráfica para cada genotipo en cada fecha para este primer criterio.

No se encontró diferencia significativa en el porcentaje de humedad disponible en el suelo entre estados dentro de cada fecha de siembra.

4.3.1.1. Selección 4.

Con los valores que se presentan en el Cuadro 10a, se construyen las Figuras 7 y 8 que corresponden a los valores de peso seco y velocidad de acumulación de peso seco observado para el genotipo Selección 4 en las dos fechas de siembra.

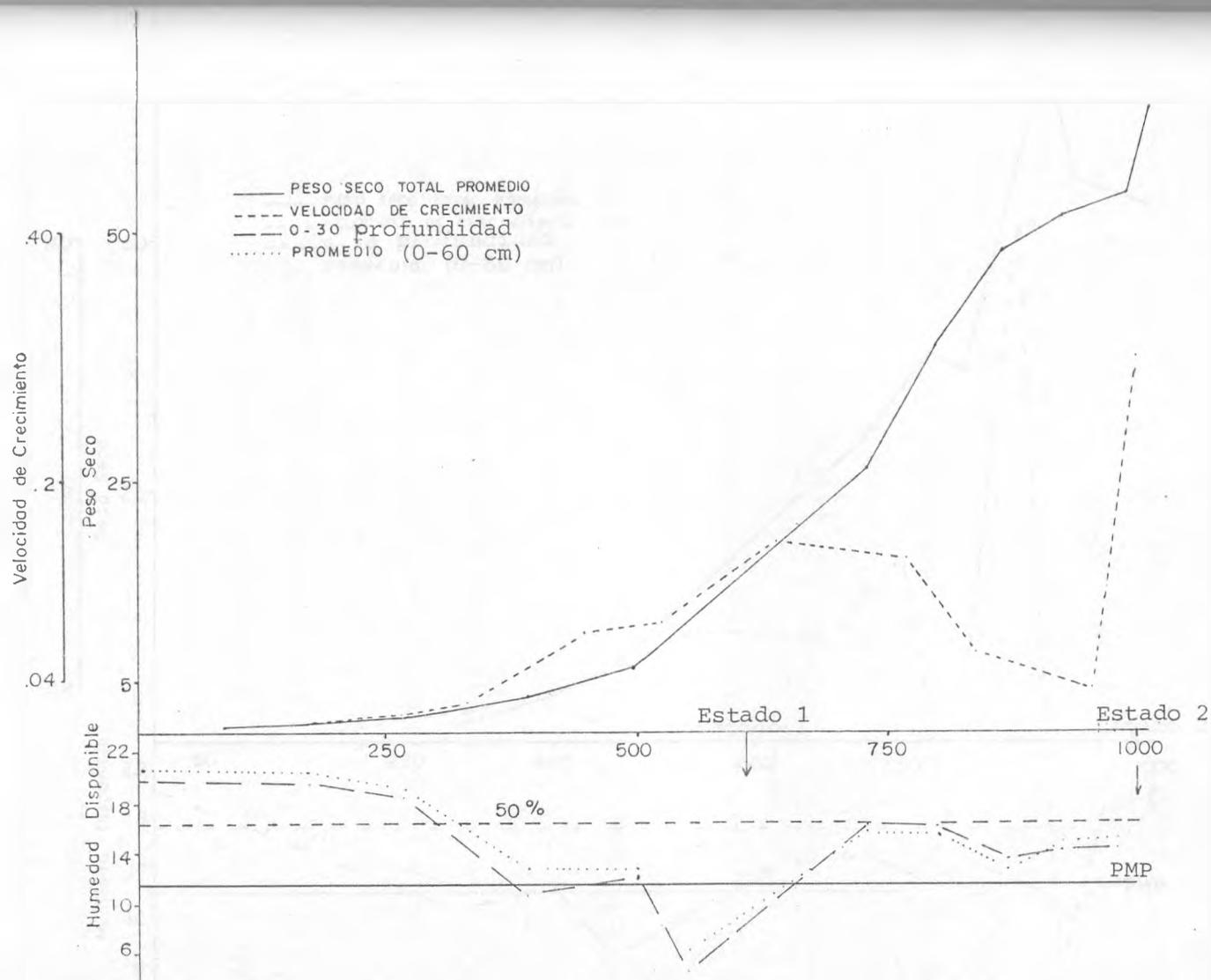


Figura 7. Peso seco acumulado ($\text{g}/.28 \text{ m}^2$) y velocidad de acumulación ($\text{g}/.28 \text{ m}^2$) en función de U.C. y porcentaje de humedad disponible en el suelo para el genotipo Selección 4. en la primera fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.

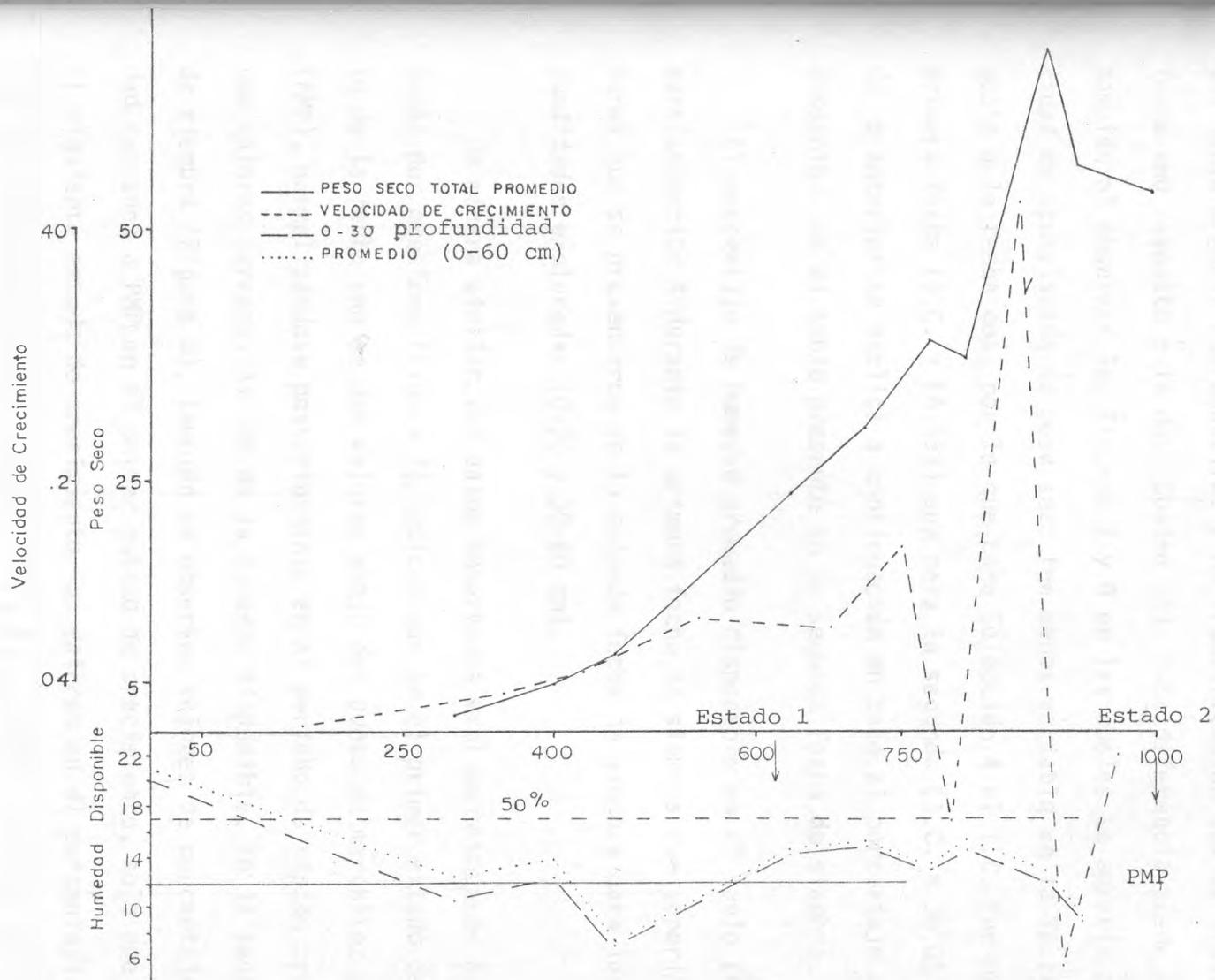


Figura 8. Peso seco acumulado (g/.28 m²) y velocidad de acumulación (g/.28 m²) en función de U.C. y porcentaje de humedad disponible en el suelo para el genotipo Selección 4 en la segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.

En los apartados anteriores se discutió el comportamiento superior de Selección 4 en rendimiento de grano en la fecha uno respecto a la fecha dos. Como ya se indicó, esto fue debido a una mayor partición de fotosintatos hacia órganos reproductivos y de fructificación que se presentó en la fecha uno respecto a la dos (Cuadro 15). Esta diferencia puede explicarse también al observar las Figuras 7 y 8 en las cuales se aprecia que la velocidad de acumulación de peso seco fue menos variable en la fecha uno respecto a la fecha dos, por lo que para Selección 4 el I.C. fue mayor en la primera fecha (I.C. = 56.55%) que para la segunda (I.C. = 36.0%). La causa de lo anterior se explica a continuación en base al porcentaje de humedad disponible en el suelo presente en la segunda fecha de siembra.

El porcentaje de humedad promedio disponible en el suelo (Cuadro 12a) para Selección 4 durante la primera fecha de siembra fue superior a los valores que se presentaron en la segunda fecha de siembra para las dos profundidades exploradas (0-30 y 30-60 cm).

De manera similar, los datos observados en el porcentaje de humedad en el suelo por muestreo (Figura 7), indican que en el primer estado de crecimiento de la fecha uno se dan valores abajo del punto de marchitez permanente (PMP), normalizándose posteriormente en el período de rápido crecimiento con valores cercanos al 50% de la humedad disponible. En la segunda fecha de siembra (Figura 8), también se observan valores de porcentaje de humedad cercanos a PMP en el primer estado de crecimiento, solo que durante el siguiente estado de crecimiento los valores en el porcentaje de humedad se mantuvieron muy cercanos a PMP, esto podría explicar por qué en la curva de velocidad de acumulación de peso seco se manifiestan declinaciones mayores en este segundo estado, lo que adicionalmente también podría

explicar la mayor partición de fotosintatos en Selección 4 en la fecha uno, y a su vez el mayor rendimiento de grano en esta fecha respectó a la segunda.

4.3.1.2. Phaacu-125. El rendimiento de grano obtenido por este genotipo (Cuadro 9) fue estadísticamente similar en las dos fechas de siembra. Al relacionar el rendimiento de grano con el peso seco total (IC), se tiene una eficiencia ligeramente mayor en la segunda fecha de siembra respecto a la primera (IC = 50.1 y 48.0 respectivamente), debido a que con un menor peso seco en los dos estados de crecimiento (Cuadro 15) se logró en esta segunda fecha un rendimiento de grano estadísticamente similar a la primera fecha de siembra.

Con los valores que se encuentran en el Cuadro 10a, se construyeron las Figuras 9 y 10 que corresponden a los valores de peso seco y velocidad de acumulación de peso seco observado para el genotipo Phaacu-125 evaluado en las dos fechas de siembra.

Tanto en el Cuadro 10a como en estas figuras se puede observar que el peso seco obtenido fue muy similar, sin mantenerse esta tendencia para la velocidad de acumulación de peso seco, ya que en la primera fecha de siembra (Figura 9) la velocidad de acumulación presenta menos variación entre los muestreos a través del desarrollo del cultivo, mientras que para la segunda fecha (Figura 10) se manifiesta mayor variación.

Esto puede explicarse considerando que el porcentaje promedio de humedad disponible en el suelo que se presentó para este genotipo durante la primera fecha de siembra fue de aproximadamente un 40% más que durante la segunda fecha de siembra en los dos estados de crecimiento (Cuadro

12a).

En la primera fecha de siembra (Figura 9) se puede apreciar que durante el primer estado de crecimiento, sólo en el quinto muestreo se da un valor muy inferior a PMP, lo cual hace que la curva de velocidad de acumulación de peso seco permanezca sin cambios considerables, Posteriormente y antes de culminar el primer estado de crecimiento, se incrementa el porcentaje de humedad disponible en el suelo hasta valores cercanos al 50% de la humedad disponible, coincidiendo estos valores con un cambio de gran magnitud en la curva de velocidad de acumulación de peso seco para declinar finalmente como resultado de la reducción normal del crecimiento del cultivo al presentarse una reducción en la humedad disponible del suelo.

En el caso de la segunda fecha de siembra (Figura 10), antes de finalizar el primer estado de crecimiento en los primeros tres muestreos el porcentaje de humedad en el suelo se reduce alcanzando valores abajo de PMP, produciéndose una declinación fuerte en la curva de velocidad de acumulación de peso seco que se aprecia entre estos dos muestreos. El segundo estado de crecimiento se inició con un porcentaje de humedad aún abajo de PMP, lo que abate la velocidad de acumulación de peso seco, para incrementarse posteriormente como consecuencia de alcanzarse a partir del cuarto muestreo aproximadamente un 25% de humedad disponible.

Finalmente se observa una reducción en la parte final del cultivo, coincidiendo con una reducción en el porcentaje de humedad disponible en el suelo y también por el proceso natural de lento crecimiento final en el cultivo.

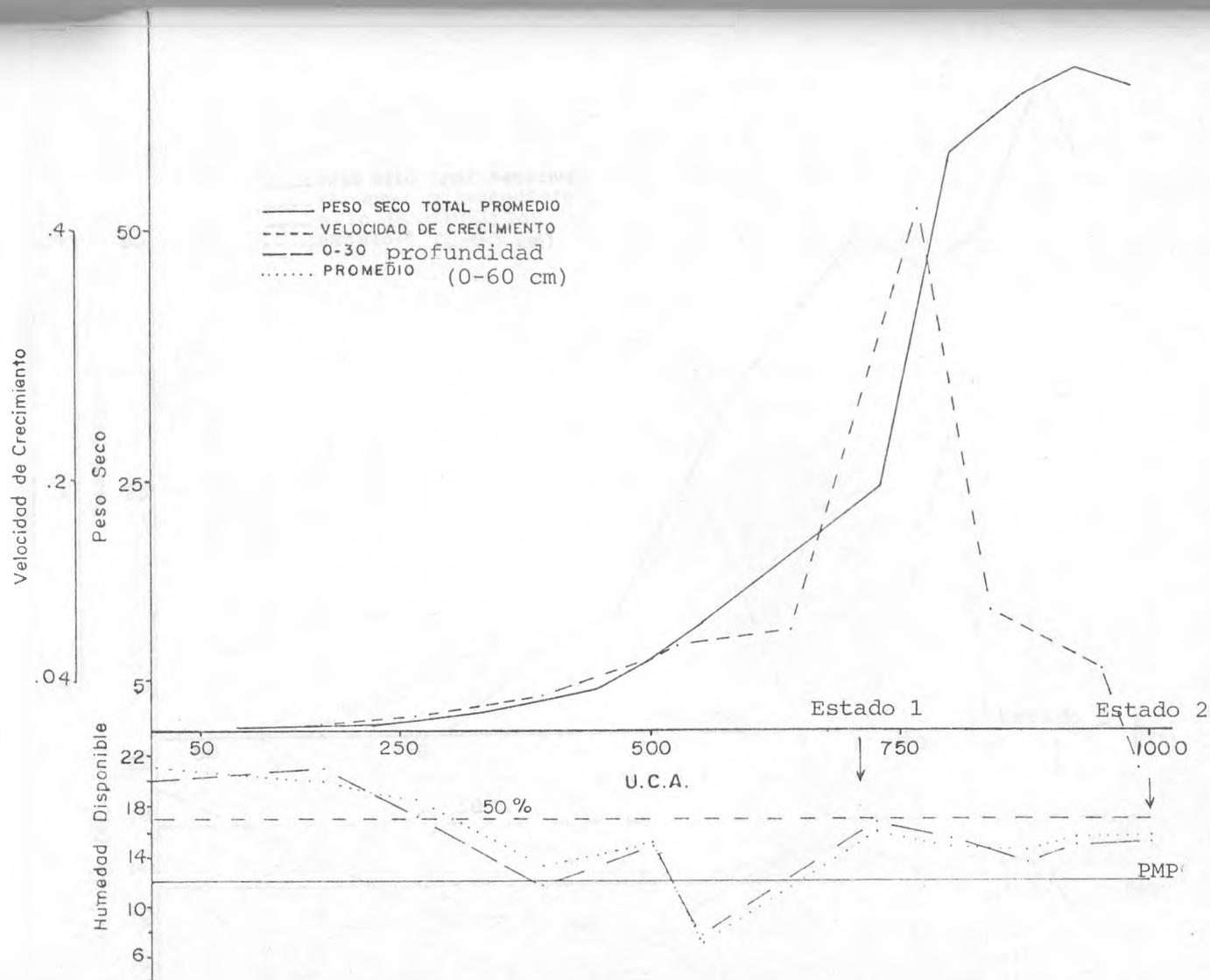


Figura 9. Peso seco acumulado ($\text{g}/.28 \text{ m}^2$) y velocidad de acumulación ($\text{g}/.28 \text{ m}^2$) en función de U.C. y porcentaje de humedad disponible en el suelo para el genotipo Phaeu-125 en la primera fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.

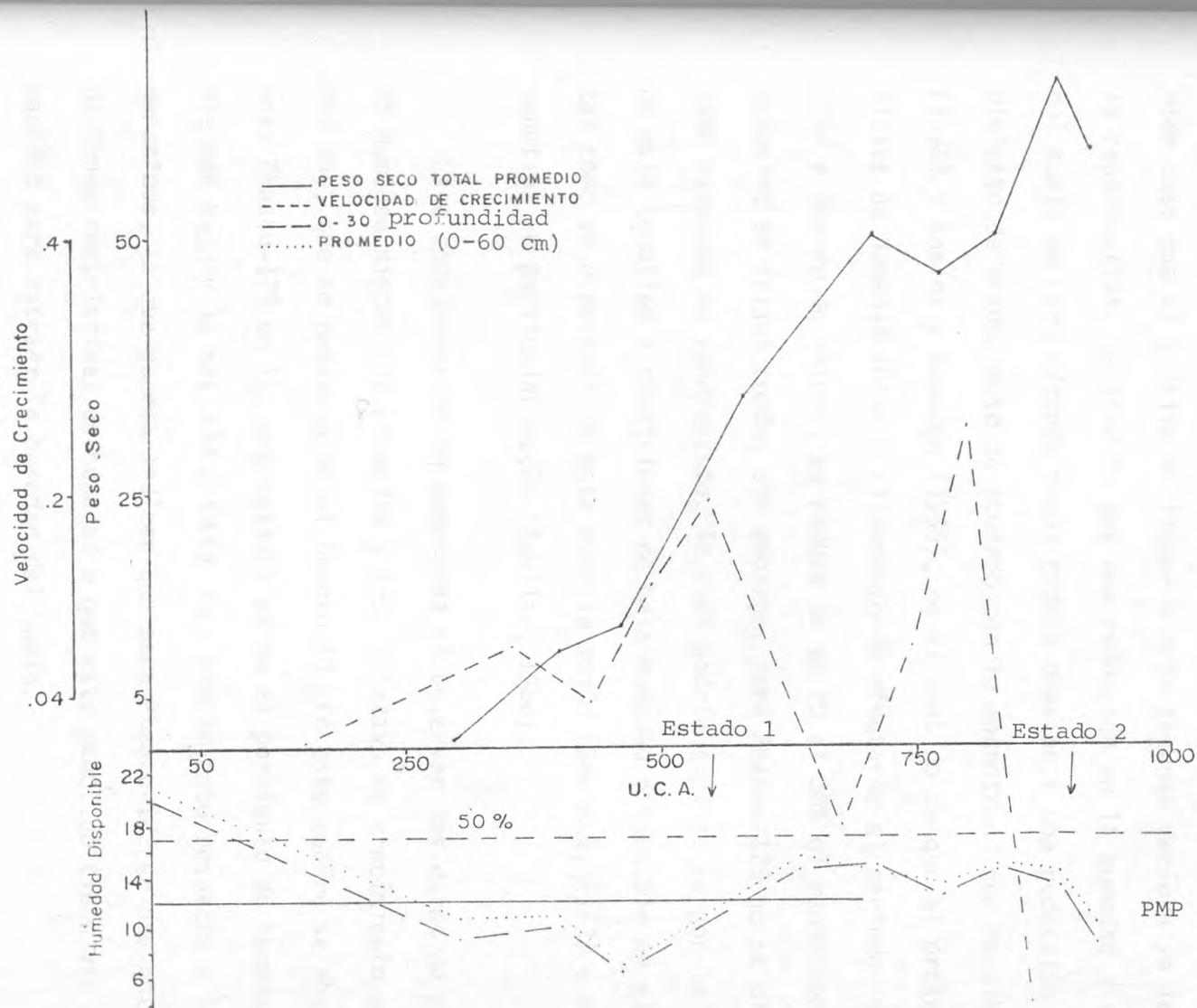


Figura 10. Peso seco acumulado ($\text{g}/.28 \text{ m}^2$) y velocidad de acumulación ($\text{g}/.28 \text{ m}^2$) en función de U.C. y porcentaje de humedad disponible en el suelo para el genotipo Phaacu-125 en la segunda fecha de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.

En la segunda fecha de siembra (Figura 10) se observan dos picos en la reducción del porcentaje de humedad disponible en el suelo, los cuales se presentan, el primero a la terminación del primer estado de crecimiento y el segundo en el punto intermedio del segundo estado de crecimiento. En dado caso que el cultivo al llegar a este segundo período ya inició la fase reproductiva, se tendría que una reducción en la humedad disponible del suelo en esta segunda fecha podría ocasionar una reducción en el rendimiento de grano, esto de acuerdo con lo encontrado por Magalhaes, et al. (1978) y Robins y Domingo (1956), en el sentido de que al presentarse déficits de humedad antes o al momento de efectuarse el período de floración y amarre de vainas, se reduce de un 20 al 30% el rendimiento final obtenido en frijol común; sin embargo, para Phaacu-125 no se dió la reducción esperada de rendimiento, lo cual podría explicarse por la adaptación de este genotipo a condiciones de baja humedad disponible en el suelo, tal como se esperaría de esta especie según (Serrano, 1963) y para este genotipo en particular según (Aguilar, 1986).

Esta consideración se comprueba al observar los datos de porciento de humedad disponible promedio y tasa relativa de crecimiento para la fecha dos, que se presenta en el Cuadro 18. En este cuadro se observa que para Phaacu-125 en los dos estados se da el porciento de humedad disponible más bajo y la más alta tasa de crecimiento respecto a los otros genotipos, lo que podría indicar que para Phaacu-125 se presentaron condiciones restrictivas de humedad o que este genotipo tiene una mayor capacidad para extraer la humedad del suelo.

Cuadro 18. Datos promedio de la humedad disponible en el suelo, peso seco acumulado y tasa relativa de crecimiento (TRC) en los dos estados de crecimiento de cuatro genotipos de frijol en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L. 1987.

Genotipo	F e c h a s						
	Estado	1			2		
		% H.D. 0-60	Peso seco (g/0.28 m ²)	TRC	% H.D. 0-60	Peso seco (g/0.28 m ²)	TRC
Selección 4	1	35.9	15.6187	.0064	30.26	18.524	.0076
	2	32.9	61.3179	.0035	26.28	68.1478	.0034
Phaacu-125	1	36.42	26.44	.0065	23.435	17.9752	.1036
	2	28.98	100.96	.0034	21.56	65.261	.0036
Pinto Americano	1	34.85	14.0	.0064	30.24	11.8	.0057
	2	28.8	50.0	.0042	22.36	46.52	.0039
Canario 101	1	50.72	7.3820	.0054	30.84	15.2570	.0066
	2	24.27	28.599	.0033	28.84	55.340	.0032

4.3.1.3. Pinto Americano. Con los valores que se encuentran en el Cuadro 10a, se construyen las Figuras 11 y 12 que corresponden a los valores de peso seco acumulado y velocidad de acumulación de peso seco observado para el genotipo Pinto Americano evaluado en las dos fechas de siembra.

Mediante apreciación visual, en la Figura 11 se puede notar que este material en la primera fecha de siembra presenta curvas tanto de peso seco como también para la curva de velocidad de acumulación de peso seco cercanas en forma a las curvas teóricas esperadas. En la segunda fecha (Figura 12), se muestra mayor variación en las curvas tanto del peso seco como en la de velocidad de acumulación de peso seco.

El porcentaje promedio de la humedad disponible en el suelo (Cuadro 12a), muestra que en la primera fecha de siembra los valores son superiores en los dos estados de crecimiento en un 28% al compararlo con la segunda fecha de siembra, lo que explicaría las formas de las curvas obtenidas en la primer fecha (Figura 11).

En esta figura se puede observar que para la primera fecha los muestreos de la humedad del suelo, indican que se mantiene cerca del 50% la humedad disponible hasta el segundo muestreo, abatiéndose luego gradualmente por efecto de la evapotranspiración hasta alcanzar valores cercanos a PMP en el tercer y cuarto muestreo, este abatimiento gradual puede explicar la tendencia de las curvas de peso seco acumulado y velocidad de acumulación de peso seco durante esta primer etapa. Al iniciar el segundo estado de crecimiento, se presenta un valor menor a PMP en el quinto muestreo, produciéndose una reducción de gran magnitud en la curva de velocidad de acumulación de peso seco, la cual no repunta no obstante de llegar a tenerse humedad disponible cerca al 50% en la parte final del ciclo del

cultivo.

En la Figura 12 se muestra el comportamiento de peso seco y velocidad de acumulación de peso seco para este genotipo en la segunda fecha de siembra. Durante el inicio del primer estado de crecimiento, las curvas de peso seco y velocidad de acumulación muestran un comportamiento creciente hasta la terminación de esta etapa, excepto la velocidad de acumulación de peso seco la cual baja al final del primer estado, en donde se presenta un valor de porcentaje de humedad abajo de PMP en el tercer muestreo, lo cual explicaría la fuerte reducción posterior a este muestreo en la curva de velocidad de acumulación de peso seco.

Al iniciarse el segundo estado de crecimiento, el porcentaje de humedad disponible en el suelo se mantiene cerca del 50%, originando que las curvas de peso seco y velocidad de acumulación manifiesten un fuerte incremento en la parte media del segundo estado. Posteriormente, entre las 700 y 750 UC se reduce el porcentaje de humedad cerca de PMP, ocasionando una caída de gran magnitud principalmente en la curva de velocidad de acumulación de peso seco, lo que además puede explicarse por que coincide con la etapa final de crecimiento del cultivo.

Comparando el porcentaje de humedad en el suelo en el décimo muestreo para Selección 4 y Phaacu-125 en la segunda fecha de siembra, se observa que se presentan valores en el porcentaje de humedad abajo de PMP (Figuras 8 y 10), situación que no se da en Pinto Americano (Figura 12) al culminar antes su ciclo, lo que explica que éste último haya escanado a condiciones deficitarias de humedad del suelo durante el llenado de grano, alcanzándose mayor peso de semilla. Esto explicaría por que Pinto Americano no difirió estadísticamente en rendimiento de grano en las dos fechas de

siembra. Esto se confirma al considerar que en la segunda fecha, al final de la curva de peso seco, se observa una caída tanto para Selección 4 como para Phaacu-125, lo cual no se observa en Pinto Americano.

En el Cuadro 18 se observa que Pinto Americano en ambas fechas de siembra durante el segundo estado de crecimiento presenta los valores más altos en la TRC, lo cual indica que este material es muy eficiente en la producción de materia seca en este segundo estado, siendo esto acorde a sus características de precosidad, pues en un lapso menor de tiempo este genotipo satisface los sitios de demanda fisiológica.

4.3.1.4. Canario 101. Con los valores que se encuentran en el Cuadro 10a se construyeron las Figuras 13 y 14, que corresponden a los valores de peso seco acumulado y velocidad de acumulación de peso seco para el genotipo Canario 101 evaluado en las dos fechas de siembra.

En la Figura 13 se puede observar que en la primera fecha de siembra, el cambio del primero al segundo estado de crecimiento se dió a las 600 UC y que antes de llegar a este punto en el tercero y cuarto muestreo los valores en el porcentaje de humedad se mantenían cercanos a PMP, lo cual es probable que haya repercutido en la etapa de formación de estructuras reproductivas, puesto que a partir del quinto muestreo se inicia la cuantificación de órganos reproductivos, habiéndose iniciado estos por lo menos en los dos muestreos anteriores (tercer muestreo).

Posteriormente el quinto muestreo de suelo coincide con el momento en donde se finaliza el primer estado de crecimiento y se inicia el período de rápido crecimiento lineal, donde se presentó otro abatimiento en el porcentaje de humedad, pero en este caso abajo de PMP por esta razón, la

curva de velocidad de acumulación de peso seco durante el primer estado y parte del segundo presenta valores bajos hasta poco antes de las 650 UC para posteriormente al presentarse un mayor porcentaje de la humedad en el suelo aproximadamente en el sexto muestreo, produciéndose un incremento rápido en la curva de velocidad de acumulación hasta ser máximo aproximadamente a las 775 UC para posteriormente declinar como resultado de la finalización del ciclo del cultivo.

Para la segunda fecha de siembra (Figura 14) a las 600 UC se efectuó el cambio del primer al segundo estado de crecimiento. Al igual que en la primera fecha de siembra, antes de este punto se presenta un abatimiento en el porcentaje de humedad del suelo, por lo que también se pudo haber afectado la etapa de formación de órganos reproductivos. Sin embargo, esto no ocurrió si se considera que después de efectuarse el cambio del primer al segundo estado de crecimiento, solamente un muestreo presenta un valor muy cercano a PMP, el cual reduce la trayectoria ascendente que se manifestaba en las curvas de peso seco y velocidad de acumulación. Ahora bien, si se observa en el Cuadro 12a, el porcentaje promedio de la humedad disponible en el suelo para Canario 101, en el primer estado de crecimiento es mayor en la primera fecha de siembra respecto a la segunda, ocurriendo en el segundo estado lo contrario, pues se presenta un mayor porcentaje de humedad disponible para Canario 101 en el segundo estado de la fecha dos. Esta mayor humedad disponible en la segunda fecha de siembra puede explicar la respuesta que presentó este genotipo en cuanto a peso seco, mayor peso de semilla, rendimiento de grano y mayor índice de cosecha respecto a la primera fecha de siembra, no obstante que al final del primer estado se presentó un porcentaje de humedad abajo de PMP.

presenta una acumulación de precipitación con los valores en la TRC que tiende a sostenerse o incrementarse después de uno o dos muestreos posteriores al pico de precipitación.

Para la segunda fecha de siembra, solamente al iniciarse el desarrollo del cultivo se presentaron condiciones favorables de humedad, debido a que en los seis días posteriores a la siembra se acumularon 16.9 mm y posteriormente no se presentaron las lluvias por un lapso de 32 días, con lo que se da una caída mayor en la curva de TRC.

En general, se puede observar una tendencia a corresponder entre los valores altos de TRC con los picos de precipitación. Por lo que la eficiencia en la producción de materia seca representada como TRC, es como en la Sección 4.4.1. se observó, fuertemente afectada por la humedad disponible en el suelo durante el desarrollo del cultivo, esto como resultado de la precipitación acumulada de muestreo a muestreo.

4.3.2.2. Phaacu-125. Con los valores que se presentan para Phaccu-125 en el Cuadro 11a se construyó la Figura 16. En ésta se presenta el comportamiento de este material en cuanto a la eficiencia en la producción de materia seca (TRC), así como la cantidad y distribución de la precipitación que se presentó durante el desarrollo del cultivo.

Al comparar las dos fechas de siembra se observa que en la primera se mantiene una producción de materia seca más estable, lo cual puede ser debido a la precipitación que se acumuló antes de realizar la siembra y las precipitaciones acumuladas a los 15 y 45 días después de efectuarse la siembra, lo cual ocasionó que se mantuviera una mayor humedad disponible para el cultivo en esta primera fecha de siembra (ver Cuadro 18).

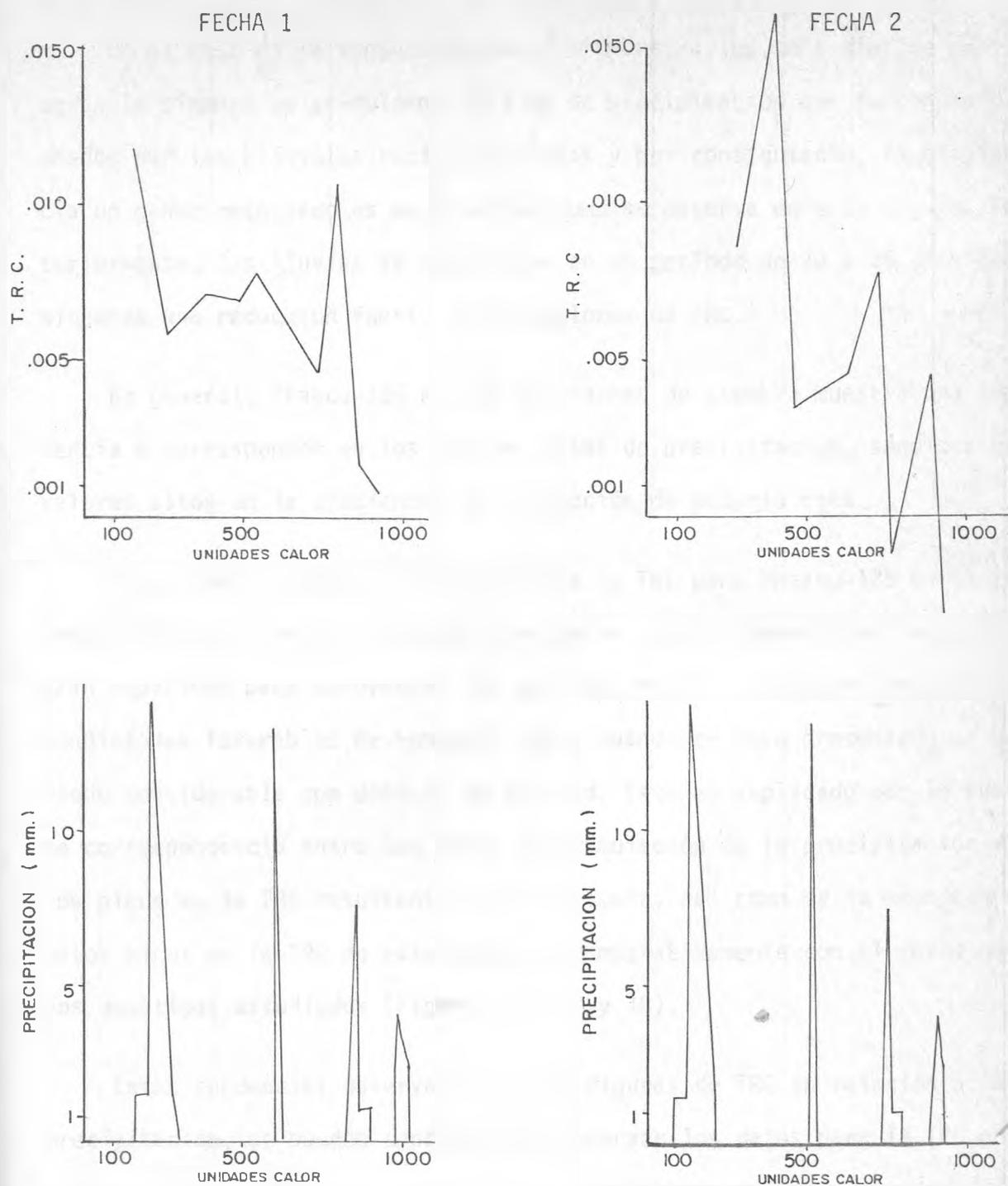


Figura 16. Representación de TRC ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{UC}^{-1}$) y precipitaciones (mm) en función de U.C. para el genotipo Phaacu-125 en dos fechas de siembra. Ciclo Otoño-Invierno. Cerralvo, N.L., 1987.

res profundidades que otros frijoles, aprovechando así las reservas de humedad del suelo.

4.3.2.3. Pinto Americano. Con los datos observados que se presentan en el Cuadro 11a se construyó la Figura 17. En ésta se representa la eficiencia en la producción de materia seca, representada como TRC, así como la *canti*dad y *distribución de la precipitación obtenida durante el desarrollo del* cultivo.

En general, al iniciar el desarrollo del cultivo, el valor obtenido en la TRC fue alto, debido a que ~~no~~ se presentaron restricciones de humedad durante este período.

En los 15 días anteriores al segundo muestreo en la fecha uno, no se presentaron lluvias ocasionando una disminución en el valor de TRC hasta .0025 g. El siguiente valor en la figura de TRC fue mayor como resultado de las precipitaciones que se presentaron poco antes de este muestreo, los cuales acumularon un total de 15.4 mm. En los muestreos siguientes se manifiesta la misma tendencia, pues en los 30 días posteriores se ausentaron las lluvias causando una disminución en el valor de TRC, para aumentar nuevamente al presentarse 13.4 mm de precipitación en este lapso.

En la segunda fecha de siembra se presenta la misma tendencia, pues los valores altos obtenidos en la acumulación de precipitación van seguidos por valores altos en la eficiencia de producción de materia seca.

En forma general se puede establecer que este genotipo, en base a sus características de crecimiento, es fuertemente afectado por los períodos en los que se presentan déficits de humedad, dado que los picos en

en TRC que siguen a los picos de precipitación son de menor magnitud que los que presenta Phaacu-125.

4.3.2.4. Canario 101. Con los datos observados que se presentan en el Cuadro 11a se construyó la Figura 18, en ésta se presenta el comportamiento de Canario 101 en cuanto a la eficiencia en la producción de materia seca representada como TRC, además se presenta la cantidad y distribución de la precipitación.

Al comparar las gráficas que representan la TRC en las dos fechas de siembra, se aprecia que se presenta una gran variación en los valores de TRC, lo cual al relacionarse con la cantidad y distribución de la precipitación durante el desarrollo del cultivo, indica que en donde se presenta picos de precipitación, se dan valores altos de TRC al igual que en los otros genotipos.

Se puede deducir en base a los valores observados en estas figuras, que este genotipo es fuertemente afectado en su eficiencia para producir materia seca al presentarse períodos con déficit de humedad, pues se observaron fuertes reducciones en la TRC y picos de recuperación poco compensativos a las reducciones mencionadas.

4.3.3. Efecto general de la temperatura.

En la Figura 19 se muestra la distribución de las temperaturas máximas y mínimas que se presentaron durante el desarrollo del experimento en la localidad de Cerralvo, N.L.

En esta figura se puede observar que el promedio de las temperaturas máximas y mínimas en la primera fecha de siembra fue de 30.2 a 16.7°C, res

pectivamente. Mientras que para la segunda fecha de siembra, el promedio de las temperaturas máximas fue de 27.6 y 14.4°C para las temperaturas mí nimas. Por lo general, las temperaturas durante la segunda fecha de siembra fueron más bajas. No obstante de las diferencias obtenidas en las dos fecha de siembra, estos rangos de temperatura se encuentran muy cerca de los rangos de temperatura que algunos autores consideran para el desarrollo óptimo del frijol (Nyujto, 1969; Villiers, et al. 1974 y Stobbe, et al. 1977).

Normalmente durante la segunda fecha de siembra, las temperaturas fueron más bajas, siendo más clara la diferencia en las temperaturas mí ni mas, pues al finalizar el ciclo del cultivo se presentan temperaturas de 4°C, las cuales coincidieron con la parte final del ciclo de los genotipos más tardíos (Selección 4 y Phaacu-125).

En cuanto a la coincidencia de la fase de llenado de grano con tempe raturas bajas, se puede mencionar que Selección 4 por ser el material cosechado al último y el más tardío, encontró temperaturas hasta de 4°C en la última parte del llenado de vainas, lo que explicaría su reducción en el rendimiento en la segunda fecha de siembra respecto a la primera, además de lo ya explicado respecto a déficits en la humedad del suelo. Phaacu-125 se comportó similarmente a Selección 4 en cuanto a la coincidencia en estas bajas temperaturas; sin embargo, no reduce el rendimiento de una fecha a otra, esto pudiera explicarse por el origen de esta especie, ubicada *en regiones* con altitud del orden de los 1500 msnm y latitudes de 35°N (Montoya, 1985) por lo cual es muy probable que presente una tempera tura base menor a los 10°C establecidos para Phaseolus vulgaris L. por Villalpando (1983).

Pinto Americano y Canario 101 alcanzaron su madurez en la segunda fecha de siembra antes que se presentarn las bajas temperaturas, por lo que éstas no afectaron la etapa de llenado de grano, es decir, se presentó un escape a estas condiciones ambientales. Esto último confirma el ajuste de Pinto Americano en el ambiente social de Cerralvo, N.L. pues es el más sembrado por los agricultores en esta región, tal como lo señala Guzmán (1984).

4.3.4. Validez del estudio por representatividad del año.

Con base en la discusión de los apartados anteriores se llegó a la conclusión de que la humedad proveniente de la precipitación y que se encuentra disponible en el suelo para los cultivos es el factor principal que está afectando el crecimiento y desarrollo del frijol en la región de Cerralvo, N.L.

En relación a esto y en base al potencial de rendimiento expresado por los genotipos al ser evaluados bajo condiciones de temporal, queda la duda de saber si esto fue debido a que las condiciones ambientales imperantes durante su desarrollo fueron muy diferentes en este año respecto a los anteriores, o bien, si estas condiciones son las que se presentan normalmente en esta región y de que la producción de frijol, si se efectuara bajo temporal, al menos se aseguraría una producción similar a la obteni-da en este año.

Por lo anterior se decidió comparar la precipitación de 1987 con una muestra de 10 años, Cuadro 18, y a partir de la prueba de Wilcoxon citado por Mc Clave, et al. (1979) probar la hipótesis nula contra la alternati-va siguiente:

Ho: La precipitación de 1987 tiene idéntica distribución probabilística que el promedio de 10 años en Cerralvo, N.L.

Ha: La distribución probabilística de la precipitación en 1987 está sesgada a las izquierda o a la derecha del promedio de 10 años en Cerralvo, N.L.

Cuadro 19. Datos mensuales promedio en mm de la precipitación acumulada en el año 1987 y promedio de la precipitación mensual acumulada en un período de 10 años (1976-1986). Cerralvo, N.L.

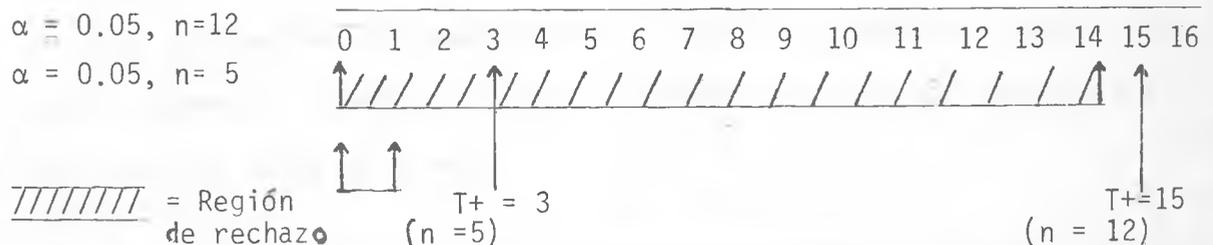
M e s	1987	\bar{X} 10 años	Diferencia	(n) 12 meses	(n) 5 meses
Enero	19.2	60	-40.8	2 (-)	
Febrero	35.0	20	15.0	3 (+)	
Marzo	34.1	20	14.1	4 (+)	
Abril	11.1	48	-36.9	3 (-)	
Mayo	114.7	118	- 3.3	7 (-)	
Junio	155.5	82	73.5	1 (+)	
Julio	47.4	72	-24.6	4 (-)	
Agosto	142.3	70	72.3	2 (+)	(+) 1
Septiembre	102.2	115	-12.8	5 (-)	(-) 2
Octubre	13.4	60	-46.6	1 (-)	(-) 1
Noviembre	18.6	11.0	7.6	5 (+)	(+) 2
Diciembre	5.4	18.0	-12.6	6 (-)	(-) 3
\bar{X}	498.9	694	suma de (+) = 15		3
	58.24	57.83	suma de (-) = 28		6

Considerando los valores críticos de T_0 se tiene la regla de decisión siguiente:

Valores de T_0 de Wilcoxon

$$\alpha = 0.05, n=12$$

$$\alpha = 0.05, n= 5$$



Como se puede observar, los valores de $T+$ para los 12 meses del año y los cinco meses de ciclo del cultivo fueron mayores a los valores T_0 comprendidos en la región de rechazo, por lo que no hay evidencia estadística para rechazar la Hipótesis nula, considerándose por lo tanto que para precipitación las distribuciones probabilísticas en 1986 y de los cinco últimos meses de ese años no fueron diferentes a la distribución probabilística de 10 años muestreados.

Por lo anterior, se puede establecer que los datos experimentales del presente estudio podrían ser representativos para la localidad de Cerralvo, N.L., al menos en lo que al factor precipitación se refiere.

4.3.5. Origen de la interacción genotipo por ambiente.

En este trabajo para el análisis de la información se enfocó primeramente el estudio de la interacción genotipo por ambiente en la forma tradicional considerando solo el rendimiento final de los genotipos. Posteriormente, para explicar la naturaleza de la interacción, se efectuó el análisis de crecimiento en cada uno de ellos, con la finalidad de poder entender la determinación del rendimiento en términos de sus componentes y la influencia de los factores ambientales precipitación y temperatura.

Los análisis de varianza presentados en el apartado 4.1., detectaron con un 95% de confiabilidad diferencias en rendimiento de grano entre los genotipos evaluados. De igual manera, el análisis combinado reportó diferencia altamente significativa para la fuente de variación genotipos y genotipo por fecha de siembra.

Al interpretar la interacción genotipo por fechas utilizando la prueba de comparación de medias en la primera fecha de siembra, se detectaron

cuatro grupos estadísticos, en donde Selección 4 presenta el valor más alto y es estadísticamente superior a los otros materiales. En la segunda fecha se presentaron tres grupos estadísticos, en el primero se encuentra Phaacu-125 con el valor más alto y estadísticamente superior a los otros materiales. En el segundo grupo estadístico se encuentra Selección 4 y Pinto Americano, y por último Canario 101 con el valor más bajo.

Considerando los componentes de rendimiento (Cuadro 10), se observa que los rendimientos obtenidos muestran una relación estrecha con ellos en cada genotipo. De esta manera, Phaacu-125 presentó el valor más alto en vainas por 0.28 m^2 y número de granos por 0.28 m^2 , solo que el peso de semilla fue el más bajo de los cuatro genotipos. En base a las dos primeras características, Phaacu-125 obtiene el segundo valor más alto en rendimiento en la primer fecha de siembra y el valor mayor en la segunda.

Selección 4 obtuvo el siguiente valor más alto en vainas por planta y número de semillas por planta, presentando en este caso un peso mayor por semilla que Phaacu-125 y en consecuencia, presenta el valor más alto en la primer fecha de siembra y el segundo valor más alto en la segunda fecha, al reducirse la producción de vainas y de semillas por 0.28 m^2 .

En Pinto Americano se tiene menor número de vainas por planta y semillas por planta que Phaacu-125 y Selección 4, solo que en comparación a los genotipos anteriores mostró el mayor peso por semilla, produciendo el tercer valor más alto en rendimiento de grano durante la primer fecha de siembra y el segundo valor más alto en la segunda fecha, al ser estadísticamente igual a Selección 4. Por último, Canario 101, excepto para número de semillas por vaina, mostró los valores más bajos en el rendimiento de grano en las dos fechas de siembra, no obstante el incremento

cuatro grupos estadísticos, en donde Selección 4 presenta el valor más alto y es estadísticamente superior a los otros materiales. En la segunda fecha se presentaron tres grupos estadísticos, en el primero se encuentra Phaacu-125 con el valor más alto y estadísticamente superior a los otros materiales. En el segundo grupo estadístico se encuentra Selección 4 y Pinto Americano, y por último Canario 101 con el valor más bajo.

Considerando los componentes de rendimiento (Cuadro 10), se observa que los rendimientos obtenidos muestran una relación estrecha con ellos en cada genotipo. De esta manera, Phaacu-125 presentó el valor más alto en vainas por 0.28 m^2 y número de granos por 0.28 m^2 , solo que el peso de semilla fue el más bajo de los cuatro genotipos. En base a las dos primeras características, Phaacu-125 obtiene el segundo valor más alto en rendimiento en la primer fecha de siembra y el valor mayor en la segunda.

Selección 4 obtuvo el siguiente valor más alto en vainas por planta y número de semillas por planta, presentando en este caso un peso mayor por semilla que Phaacu-125 y en consecuencia, *presenta el valor más alto* en la primer fecha de siembra y el segundo valor más alto en la segunda fecha, al reducirse la producción de vainas y de semillas por 0.28 m^2 .

En Pinto Americano se tiene menor número de vainas por planta y semillas por planta que Phaacu-125 y Selección 4, solo que en comparación a los genotipos anteriores mostró el mayor peso por semilla, produciendo el tercer valor más alto en rendimiento de grano durante la primer fecha de siembra y el segundo valor más alto en la segunda fecha, al ser estadísticamente igual a Selección 4. Por último, Canario 101, excepto para número de semillas por vaina, mostró los valores más bajos en el rendimiento de grano en las dos fechas de siembra, no obstante el incremento

en la segunda fecha al aumentar el peso de semilla.

Respecto a peso seco se encontró que en la primer fecha de siembra Pinto Americano mostró los valores más altos en ganancia de peso seco en la mayoría de los muestreos en los que se detectó diferencia significativa. En la segunda fecha de siembra Phaacu-125 presentó los valores más altos en ganancia de peso seco en la mayoría de los muestreos en donde se detectó diferencia significativa, siguiéndole en orden de importancia Selección 4 con los siguientes valores más altos en ganancia de peso seco por muestreo, esto tiene sus implicaciones al considerar posteriormente el índice de cosecha.

Al considerar los requerimientos de uníades calor (UC) por los genotipos evaluados, en general se encontró que todos los genotipos presentan requerimientos de UC mayor en el primer estado de crecimiento al compararlos con las UC que se requieren durante el segundo estado de crecimiento. Se encontró además, que Selección 4 y Phaacu-125 en ambas fechas de siembra acumularon una mayor cantidad promedio de UC durante el primer estado de crecimiento, caracterizándose de esta forma por este requerimiento; además, se presentan los valores más altos en rendimiento de grano. Esto podría ser una característica de los genotipos de alto rendimiento de grano.

Al establecer la relación de rendimiento económico entre rendimiento biológico a través del índice de cosecha promedio de ambas fechas, Selección 4 resultó ser el más eficiente, seguido por Phaacu-125, Pinto Americano y Canario 101. Selección 4 y Phaacu-125 en ambas fechas de siembra obtuvieron los valores más altos en peso seco total final, rendimiento de grano e índice de cosecha.

Pinto Americano, como antes se discutió, es el que presentó una tendencia a acumular más rápidamente peso seco en la primer fecha respecto a los otros genotipos, pero considerando el rendimiento de Pinto Americano, éste no varió de una fecha a otra, siendo por otro lado el índice de cosecha menor en la primera fecha respecto a la segunda. Esto implica que la disminución del rendimiento de una fecha a otra en Pinto Americano se debió a que en la segunda fecha se dió mayor partición de fotosintatos hacia vainas y semillas aumentándose el peso de estos, no obstante que el índice de cosecha pudo haberse sobrestimado.

Los genotipos más rendidores en la primer fecha fueron Selección 4 y Phaacu-125, ocupando el primero y segundo lugar en la comparación de medias para rendimiento de grano y en la segunda fecha se invierte este orden (Cuadro 9), lo que dió origen a la interacción detectada en el análisis de varianza combinado (Cuadro 8). En promedio, estos dos genotipos presentan una menor velocidad de acumulación de materia seca en la primer fecha respecto a Pinto Americano y mostraron una tendencia superior a éste en la segunda fecha de siembra. No obstante lo anterior, el índice de cosecha de Selección 4 baja de la primera a la segunda fecha y Phaacu-125 lo incrementa ligeramente, esto implica que la partición de fotosintatos hacia vainas y semillas es mayor en la primer fecha para Selección 4 y en la segunda fecha para Phaacu-125. Lo anterior indica que es más importante la capacidad de los genotipos para particionar los fotosintatos hacia las vainas y semillas bajo un ambiente en particular, que la velocidad de acumulación de peso seco, en la determinación del rendimiento final, esto último desde un punto de vista fisiológico será la base para explicar la interacción genotipo ambiente, coincidiendo esto con lo reportado por Evans (1980) en el sentido de que el incremento en el rendimiento de los

cultivos está determinado más por el índice de cosecha que por la tasa de fotosíntesis por unidad de área de la hoja. Esto sin dejar de considerar que la velocidad de acumulación en peso seco y peso seco final explican el rendimiento de grano final (Beltrao en 1973; Diaz en 1974; Molina en 1975; Aguilar, et al. en 1977, citados por Kohashi, 1979).

Los genotipos Selección 4 y Phaacu-125 fueron los que presentaron una mayor variación en los ambientes de prueba, alternándose en los valores máximos obtenidos en la producción de materia seca y rendimiento de grano en las dos fechas de siembra. Pinto Americano y Canario 101, manifestaron un comportamiento inferior y similar en los ambientes de prueba, siendo el Canario 101 el que presentó los valores más bajos en todas las características discutidas.

La primer fecha en los dos estados de crecimiento, presentó mayor porcentaje promedio de humedad disponible en el suelo respecto a la segunda fecha (Cuadro 12a), con la excepción de Canario 101 el cual, solo en el segundo estado presentó un porcentaje superior en la segunda fecha. Así la reducción del peso seco final, rendimiento de grano e índice de cosecha de la primera a la segunda fecha en Selección 4 puede ser consecuencia de la sensibilidad de este genotipo al menor porcentaje de humedad disponible presente en el segundo estado de la segunda fecha. Por el contrario Phaacu-125 no obstante que reduce el peso seco final de la primera a la segunda fecha, mantiene un rendimiento similar e inclusive incrementa ligeramente el índice de cosecha, lo que puede interpretarse como resultado de la tolerancia a condiciones de baja humedad disponible en el suelo tal como lo han reportado (Serrano, 1963) y (Aguilar, 1986).

Pinto Americano y Canario 101 fueron los de menor peso seco final,

cultivos está determinado más por el índice de cosecha que por la tasa de fotosíntesis por unidad de área de la hoja. Esto sin dejar de considerar que la velocidad de acumulación en peso seco y peso seco final explican el rendimiento de grano final (Beltrao en 1973; Diaz en 1974; Molina en 1975; Aguilar, et al. en 1977, citados por Kohashi, 1979).

Los genotipos Selección 4 y Phaacu-125 fueron los que presentaron una mayor variación en los ambientes de prueba, alternándose en los valores máximos obtenidos en la producción de materia seca y rendimiento de grano en las dos fechas de siembra. Pinto Americano y Canario 101, manifestaron un comportamiento inferior y similar en los ambientes de prueba, siendo el Canario 101 el que presentó los valores más bajos en todas las características discutidas.

La primer fecha en los dos estados de crecimiento, presentó mayor porcentaje promedio de humedad disponible en el suelo respecto a la segunda fecha (Cuadro 12a), con la excepción de Canario 101 el cual, solo en el segundo estado presentó un porcentaje superior en la segunda fecha. Así la reducción del peso seco final, rendimiento de grano e índice de cosecha de la primera a la segunda fecha en Selección 4 puede ser consecuencia de la sensibilidad de este genotipo al menor porcentaje de humedad disponible presente en el segundo estado de la segunda fecha. Por el contrario Phaacu-125 no obstante que reduce el peso seco final de la primera a la segunda fecha, mantiene un rendimiento similar e inclusive incrementa ligeramente el índice de cosecha, lo que puede interpretarse como resultado de la tolerancia a condiciones de baja humedad disponible en el suelo tal como lo han reportado (Serrano, 1963) y (Aguilar, 1986).

Pinto Americano y Canario 101 fueron los de menor peso seco final,

rendimiento de grano e índice de cosecha respecto a los otros dos genotipos; sin embargo, considerando el rendimiento de Pinto Americano y Canario 101, se observó que en el primero no cambió de una fecha a la otra, mientras que en Canario 101 se incrementó de la primera a la segunda fecha. Este comportamiento de Canario 101 está más asociado con peso seco que con índice de cosecha, pues el primero se incrementó de la primera a la segunda fecha (27.2 y 42.6 g/0.28 m²) y el segundo tendió a disminuir ligeramente (32 a 30%), pudiendo deberse esto al presentarse mayor porcentaje de humedad en el suelo durante el segundo estado de la segunda fecha de siembra.

El comportamiento en cuanto a rendimiento de Pinto Americano puede explicarse por la precocidad de este genotipo que escapa a las condiciones de menor humedad disponible en el suelo durante el segundo estado, compensando la reducción en el número de vainas al incrementarse el peso de semilla.

El factor temperatura presenta una acción similar a la humedad disponible en el suelo durante la segunda fecha de siembra, pues normalmente en esta fecha las temperaturas fueron más bajas, siendo más clara la diferencia en las temperaturas mínimas que se presentaron al finalizar el ciclo de cultivo, los cuales alcanzan los 4°C, coincidiendo principalmente con la parte final del desarrollo de los genotipos más tardíos (Selección 4 y Phaacu-125) distinguiéndose aquí Phaacu-125 como tolerante a esta condición al no reducir su rendimiento de grano.

4.4. Resultados y ambiente social

Considerando lo encontrado en el apartado 4.3.4. en el sentido de que los resultados de este estudio en 1987 podrían generalizarse a la

condición promedio de precipitación en Cerralvo, N.L., una implicación práctica de este trabajo sería el de aprovechar los resultados obtenidos en esta investigación para mejorar la producción de frijol en esta región mediante la introducción de genotipos que demuestren tener un potencial de rendimiento alto bajo las condiciones ambientales y de manejo que prevalecen en esta región.

En la mayoría de las variables discutidas anteriormente, se pueden apreciar que de los genotipos evaluados, Selección 4 y Phaacu-125 muestran los valores más altos, siendo además los que producen mayor cantidad de materia seca y rendimiento de grano.

Pinto Americano en este caso puede considerarse como testigo, ya que la mayoría de las tierras sembradas de frijol en este ciclo y en años anteriores, es realizada con este genotipo (Guzmán, 1984).

Canario 101, es un material que no se recomendaría para sembrarse en esta región, por los resultados negativos que presentó en las dos fechas de siembra.

Por lo tanto, si se quiere establecer una recomendación de los resultados obtenidos, se tendría que hacer únicamente en base a Selección 4 y Phaacu-125 que fueron los genotipos más sobresalientes en cuanto a rendimiento de grano.

La técnica agrícola empleada por los productores en esta región está basada prácticamente en la producción de un monocultivo (sorgo) con un período de descanso del suelo, o bien se realiza una rotación simple a partir de la cual se intercala el sorgo en el temprano y el maíz o frijol en el tardío.

Por lo tanto, el frijol Pinto Americano desempeña un papel muy importante en dicha rotación, ya que además de ser un material precoz, presenta cierta resistencia a condiciones deficitarias de humedad por lo que normalmente asegura cosecha (Guzmán, 1984).

En dado caso que Selección 4 y Phaacu-125 que fueron los más sobresalientes, quisieran incorporarse en estas unidades de producción con rotación simple, se tendría que adelantar la siembra porque estos materiales son de ciclo intermedio-tardío, peligrando en alto grado por las bajas temperaturas en la parte final de su ciclo. En lo que respecta a la rotación con el cultivo del ciclo temprano, no se presentarían problemas en cuanto a la realización de las labores de preparación y manejo en ambos cultivos.

Selección 4 es un material de ciclo tardío, por lo que como se discutió en el apartado 4.3.3., éste pudo ser afectado por la baja humedad disponible en el suelo y las bajas temperaturas (4-9°C) en la parte final de su ciclo de crecimiento en la segunda fecha de siembra. No obstante lo anterior y bajo estas condiciones, Selección 4 fue de los que produjo mayor rendimiento de grano, por lo tanto, este material bajo condiciones de temporal en la región de Cerralvo, N.L. puede sembrarse en los primeros 10 días del mes de Septiembre, o bien desde la última semana de Agosto, en dado caso de que se presenten precipitaciones que permitan las mismas.

Si se cuenta con riego o medio riego disponible, es preferible realizar la siembra con Selección 4 en la última semana de Agosto (25-31), por que las temperaturas antes de esta fecha fluctúan generalmente arriba de 35-40°C, lo cual puede causar efectos negativos en las etapas iniciales del crecimiento.

En el caso de Phaacu-125, presenta características asociadas al consumo humano que difieren a las de Phaseolus vulgaris L. Algunos de estos pueden ser: el sabor, color, textura, tiempo de cocción, etc., reduciendo se las posibilidades de adaptación por parte de los consumidores y consecuentemente por los productores al no tener mercado para este tipo de frijol.

Si se considera que esta especie presenta un gran potencial en la producción de materia seca y rendimiento de grano, es probable que este cultivo se pueda incluir como una alternativa más en la producción de cultivos en esta región. Algunas proposiciones para la introducción y manejo posterior de este cultivo se dan a continuación.

1. Con base a sus características de resistencia a la sequía de Phaacu-125 y que fue superior al testigo (Pinto Americano) se puede destinar a los terrenos de temporal, pudiendo entrar en rotación con sorgo y maíz que se siembran en condiciones de riego en la primer mitad del año.
2. Dadas las limitaciones para el consumo directo con Phaseolus acutifolius Gray. para el consumo directo, se podría crear la infraestructura necesaria para su transformación en frijoles enlatados combinándolo con otros productos como chorizo, carne, etc.
3. Dada la alta capacidad para responder en acumulación de materia seca después del suministro de agua, podría Phaacu-125 establecerse en praderas artificiales conjuntamente con zacates para mejorar el rendimiento y la calidad de forraje verde o bien para la producción de forraje con solo un riego de auxilio según lo reportan Felger y Nabhan, 1976 citados por Montoya (1985).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando los resultados y su discusión se llegó a conclusiones que asociadas a las cuatro hipótesis del trabajo, definen si estas se aceptan o rechazan. Estas conclusiones se dan a continuación indicando con un número al final de las mismas la hipótesis a la cual se asocian.

1. La producción de materia seca en los genotipos evaluados presenta una tendencia similar de distribución durante el desarrollo del cultivo en las dos fechas de siembra. (1)
2. Para todos los genotipos, independientemente de la fecha de siembra, la materia seca acumulada corresponde al 20%, 60% y 20% del total de la materia seca producida para el primer, segundo y tercer estado de crecimiento respectivamente. (1)
3. En el frijol, la acumulación relativa de materia seca en las diferentes etapas de crecimiento, no es afectada por la variación en la acumulación de calor. (1)
4. Los requerimientos de los genotipos de frijol en cuanto a unidades calor necesarias para cada estado de crecimiento son diferentes. (2)
5. En el frijol, la velocidad de acumulación de materia seca es muy sensible a los cambios en el porcentaje de humedad disponible en el suelo.(3)
6. La eficiencia en ganancia de peso seco a través del ciclo del cultivo presenta una variación que podría ser explicada parcialmente por la distribución de la precipitación, siendo esto más evidente en Phaseolus acutifolius Gray. cuando se reduce la humedad disponible en el suelo.(3)

7. Phaacu-125 produce un rendimiento de grano mayor cuando se reduce la humedad disponible en el suelo respecto a los genotipos ensayados de Phaseolus vulgaris L., lo que identifica a este genotipo como tolerante a condiciones restrictivas de humedad. (4)
8. Pinto Americano mantiene su rendimiento de grano bajo condiciones restrictivas de humedad, lo cual podría explicarse por el escape más que por la tolerancia a estas condiciones deficitarias, así como por aumentar su peso de semilla, lo que permite compensar la reducción en el número de vainas. (4)

Adicionalmente a las conclusiones anteriores, como resultado de este trabajo se generan las siguientes recomendaciones:

1. Para la región de Cerralvo, N.L., se recomienda Selección 4 en fechas de siembra de la última semana de Agosto a la primera de Septiembre, ya sea de temporal o punta de riego.
2. Phaacu-125 fué superior en rendimiento de grano en ambas fechas de siembra al testigo regional Pinto Americano, por lo que no obstante los problemas de aceptación por el consumidor, desde el punto de vista de su mayor rendimiento y tolerancia a condiciones restrictivas de humedad este genotipo puede recomendarse para la región de Cerralvo, N.L.
3. Se recomienda estudiar la relación encontrada entre el alto potencial de rendimiento de grano y el alto requerimiento de UC en el primer estado para algunos genotipos, pero aumentando el número de estos para definir si tal relación es o no constante.
4. En trabajos similares al presente, es recomendable contar con aparatos

meteorológicos de medición en el área de estudio para evitar la obtención de datos de estaciones meteorológicas que podrían no ser representativas.

5. La metodología propuesta por Walker (1978), para ajustar los datos de peso seco acumulado a la curva logarística, requiere una mejor estimación de "K" para lograr una mejor representación de la tercer etapa de crecimiento.

VI. BIBLIOGRAFIA CITADA

- AGUILAR S., E.G. 1985. Efecto del frío durante el ciclo de la planta de frijol sobre las globulinas de la semilla. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- AGUILAR, S.M. 1986. Efecto de la tensión hídrica edáfica en diferentes etapas de desarrollo sobre el crecimiento de Phaseolus acutifolius var. latifolius y Phaseolus vulgaris L. Tesis M.C. Facultad de Agronomía, UANL. Subdirección de Estudios de Postgrado.
- AUSTIN, R.G.; and M.S. MACLEAN. 1977. Some effects of temperature on the rates of photosynthesis and respiration of Phaseolus vulgaris L. En Resúmenes analíticos sobre frijol CIAT. Vol. I.
- BAKER, J.J.M. y G.E. ALLEN. 1967. Biología e investigación científica. Tr. Jaime F. George. Fondo Educativo Interamericano. pp. 5-46.
- BELTRAO, E.M. 1973. Influencia de algunos componentes morfológicos en el rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.) Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, ENA. Chapingo, México.
- BERTALANFFY, L. VON. 1984. Historia y situación de la teoría general de sistemas. En Bertalanffy, L.V., W.R. Ashby y otros. "Tendencia en la teoría general de sistemas". 3a. Ed. Alianza Editorial, S.A. Madrid.
- BILLINGS, W.D. 1968. Las plantas y el ecosistema. Tr. Javier Valdes G. Herrera Hnos. Sucesores, S.A. México, pp. 1-48
- CAMPOS DE J., S. 1982. Efecto de la captación de lluvia, estiércol y rastrojo sobre la humedad del suelo y producción de la asociación maíz-frijol. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- CAUSTON, D.R. 1977. A biologist's mathematics. Edward Arnold (publishers), London.
- CETENAL. 1977. Carta edafológica. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1975. Informe anual sobre frijol. Cali, Colombia. 57 p.

- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1979. Informe anual sobre frijol. Cali, Colombia. pp 97-100.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1980. Informe anual sobre frijol. Cali, Colombia. pp 57-60.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1981. Informe anual sobre frijol. Cali, Colombia. 67 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1982. Informe anual sobre frijol. Cali, Colombia. 72 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1985. Avances de investigación en el programa de frijol. Cali, Colombia. pp 12-15.
- COERTZE, A.F. 1981. Climate and soil requirements for green beans (Phaseolus vulgaris L.). En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. VI.
- DAUBENMIRE, R.F. 1959. Plant and environment. 2^a Ed. Wiley, New York. 422 p.
- ENGLEMAN, E.M. 1979. Contribuciones al conocimiento del frijol (Phaseolus) en México. Roma de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 140 p.
- ESCALANTE E., L.E. 1986. Efecto de la eliminación manual de órganos reproductivos sobre el período de floración en Phaseolus vulgaris L. Tesis MC. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- EVANS, L.T. 1980. The natural history of crop yield. American Scientist. Vol. 68, 4. pp 388-397.
- EZE, J.M.D., E.B. DUMBROFF, AND J.E. THOMSON. 1984. Effects of temperature and moisture stress on the accumulation of abscisic acid in bean. En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. IX.
- F.A.O. 1981. Informe del proyecto de zonas agroecológicas. Vol. 3. Metodología y resultados para América del Sur y Central. 475 p.

- KLAGES, K.W.H. 1942. Ecological crop geography. The Mac Milla Company. USA. pp. 10-105.
- KOHASHI S., J. 1979. Fisiología del frijol. En: Engleman, E.M. editor. Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Rama de Botánica. Colegio de Postgraduados Chapingo, México. pp 39-58.
- KRAMER, J.P. 1974. Relaciones hídricas de suelo y planta. Una síntesis moderna. Tr. Leonor Tejeda. Ed. EDUTEX, S.A. 375 p.
- LEVITT, J. 1951. Frost killing and hardiness of plants, a critical review. 235 p.
- LEVITT, J. 1980. Responses of plants to environment stresses. Vol. II. Water, radiation, salt and others stresses. 2nd. ed. Academic Press New York. pp. 25-229.
- MAGALHAES, A.C., and J.M. MONTOJOS. 1977. Growth analysis of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Pinto under varying conditions of solar radiation and nitrogen application. In: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. I.
- MAGALHAES, A.A.; D.E. MILLAR, A.A. y CHOUDHURY, E.N. 1978. Efecto del déficit fenológico de agua sobre la producción de frijol. En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. III.
- MARQUEZ S., F. 1981. Clasificación tecnológica de los sistemas de producción agrícola (agrosistemas) según los ejes espacio y tiempo. En: Agroecosistemas de México. Colegio de Postgraduados, 2a. Ed. pp. 255-275.
- MASCORRO G., O. y J. KOHASHI, S. 1981. Efecto de las altas temperaturas en etapas críticas del crecimiento de la variedad de frijol Cacahuate 72. Avances en la enseñanza y la investigación. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 45 p.
- Mc CLAVE J., T., and F.H. DIETRICH II, 1979. Statistics Dellen publishing Company. San Francisco, California, pp. 394-412.
- MONTOYA C., L. 1985. Respuesta del frijol Tepary (*Phaseolus acutifolius* Gray var. *latifolius* Freman) a dos regímenes de humedad del suelo. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

- NYUJTO, S. 1977. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de frijol.
En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. I.
- OJEHOMON, O.O.; A.S. RATHJEN, and D.C. MORGAN. 1977. Effects of day length on the morphology and flowering of five, determinate varieties of *Phaseolus vulgaris* L. En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. I.
- ORTIZ S., C. 1987. Elementos de agroclimatología cuantitativa. Con aplicaciones en la República Mexicana. Departamento de Suelos U.A.CH. México, D.F. 95 p.
- QUIJANO C., J.A. 1988. Propuesta de un método en el estudio de interacción genotipo-ambiente en *Phaseolus* spp. Tesis M.C. Subdirección de Estudios de Postgrado. Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N.L.
- ROBINS, J.S., and C.E. DOMINGO. 1985. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. X #1.
- ROJAS G., M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. 23 edición. Mc Graw Hill México. pp. 176-185
- SERRANO, J.L. 1963. Algunas diferencias fisiológicas de especies y variedades de frijol tolerantes a la sequía. Agricultura Técnica en México Vol. 2 No. 4:161-164.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1981. Síntesis geográfica de Nuevo León. México. 137 p.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. 1987. Sistema Integral de Información. Avances en la producción agropecuaria y forestal. Monterrey, N.L. Documento de Circulación Interna.
- STEEL D., R.G., and H.J. TORRIE. 1980. Principles and procedures of statistics and biometrical approach. Second Edition. Mc Graw Hill Book Company. pp. 172-185.
- STOBBE, E.H., D.R. ORMROAD, AND C.J. WOOLEY. 1977. Blossoming and fruit set patterns in *Phaseolus vulgaris* L, as influenced by temperature. En: Resúmenes analíticos sobre frijol, CIAT, Vol. I.

- NYUJTO, S. 1977. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de frijol. En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. I.
- OJEHOMON, O.O.; A.S. RATHJEN, and D.C. MORGAN. 1977. Effects of day length on the morphology and flowering of five, determinate varieties of *Phaseolus vulgaris* L. En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. I.
- ORTIZ S., C. 1987. Elementos de agroclimatología cuantitativa. Con aplicaciones en la República Mexicana. Departamento de Suelos U.A.CH. México, D.F. 95 p.
- QUIJANO C., J.A. 1988. Propuesta de un método en el estudio de interacción genotipo-ambiente en *Phaseolus* spp. Tesis M.C. Subdirección de Estudios de Postgrado. Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N.L.
- ROBINS, J.S., and C.E. DOMINGO. 1985. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. X #1.
- ROJAS G., M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. 23 edición. Mc Graw Hill México, pp. 176-185
- SERRANO, J.L. 1963. Algunas diferencias fisiológicas de especies y variedades de frijol tolerantes a la sequía. Agricultura Técnica en México Vol. 2 No. 4:161-164.
- SECRETARIA. DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1981. Síntesis geográfica de Nuevo León. México. 137 p.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. 1987. Sistema Integral de Información. Avances en la producción agropecuaria y forestal. Monterrey, N.L. Documento de Circulación Interna.
- STEEL D., R.G., and H.J. TORRIE. 1980. Principles and procedures of statistics and biometrical approach, Second Edition. Mc Graw Hill Book Company. pp. 172-185.
- STOBBE, E.H., D.R. ORMROAD, AND C.J. WOOLEY. 1977. Blossoming and fruit set patterns in *Phaseolus vulgaris* L, as influenced by temperature. En: Resúmenes analíticos sobre frijol, CIAT. Vol. I.

- TRESHOW, M. 1970. Environment and plant response. Mc Graw-Hill Book Company. Publications in the Agricultural Science. pp. 4-20.
- TURK, A., J. TURK., J.T. WITTES AND R. WITTES. 1976. Tratado de ecología. Tr. Carlos Gerhard Ottenwaelder. Editorial Interamericano, S.A. México, D.F. 445 p.
- VALDES L., C.G.S. 1987. Curso de Ecología de cultivos. Maestría en Producción Agrícola. Facultad de Agronomía. U.A.N.L. Material no publicado.
- VERBELEN, J.P. AND J.A. DE GREEF. 1980. Leaf development of Phaseolus vulgaris L. in light and in darkness. En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. I.
- VILLALPANDO, J.F. 1983. Metodología de investigación en agroclimatología. Cuernavaca, Morelos. Apuntes mecanografiados. INIA-SARH, México. 140 p.
- VILLARREAL F., E Y K.F. BYERLY M. 1984. Metodología para la planeación de investigación agrícola a partir de problemas de la realidad. SARH-INIA. Unidad de planeación de la investigación. 57 p.
- VILLIERS, V. DE., P.C. NEL AND P.S. HAMMES. 1984. Die invloed van temperatuur op die groei en ontwikkeling van droebone (Phaseolus spp). En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT, Vol. I.
- WALLACE, B. Y A.M. SRB. 1967. Adaptación. Manuales UTEHA. Número 247 doble 56 p.
- WALKER E., A. 1978. Algunas relaciones no lineales y su aplicación. 3er. Taller de Trabajo, C.A.E. Laguna. CIAN-INIA. 24 p.
- WIEN, H.C., AND D.H. WALLACE. 1977. Light-induced leaflet orientation in Phaseolus vulgaris L. En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. I.
- WILSIE, C.P. 1966. Cultivos: aclimatación y distribución, Tr. Dr. Manuel Serano García, Ed, Acribia, Zaragoza, España, pp 29-340.

VII. APENDICE