



ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA DURANTE LAS ETAPAS DE DESARROLLO DE VARIEDADES DE FRIJOL

DRY MATTER ACCUMULATION DURING DEVELOPMENTAL STAGES OF COMMON BEAN CULTIVARS

Rogelio Lépez-Ildefonso*, Iris E. Chavarín-Espinoza,
José de J. López-Alcocer y Eduardo Rodríguez-Guzmán

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez No. 2100, La Venta del Astillero. 45221, Zapopan, Jalisco, México. Tel. 33-3777-1150, ext. 33190.

*Autor para correspondencia(rlepiz@cucba.udg.mx)

RESUMEN

El conocimiento sobre inicio y duración de las etapas de desarrollo y producción de materia seca por estadio en variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es primordial para un buen manejo y producción del cultivo. El presente estudio se realizó para determinar la ocurrencia y duración de las etapas de desarrollo y la acumulación de materia seca en las variedades de frijol común de hábito de crecimiento determinado Bayomex, Canario Chiapas, Peruano 16 y Peruano Mostaza. El trabajo de campo se condujo en Zapopan, Jalisco, México bajo condiciones de secano bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se registraron los días al inicio de cada etapa y la materia seca acumulada en cada etapa, así como el rendimiento de grano. Se determinó la duración en días de cada etapa y se elaboraron curvas de acumulación de materia seca; se obtuvo la tasa media de crecimiento diario por etapa fenológica. Las variedades mostraron diferencias en las etapas de desarrollo de la fase reproductiva y en la duración del ciclo biológico. Bayomex y Canario Chiapas llegaron a madurez a los 82 y 85 d, y Peruano 16 y Peruano Mostaza a los 92 y 94 d, respectivamente. Se detectaron diferencias entre variedades en producción de materia seca total. La acumulación de materia seca fue lenta en las etapas iniciales, más alta en estados intermedios y se redujo hacia la madurez fisiológica. Se observó incremento de materia seca en las estructuras vegetativas hasta la formación de vainas y descenso en madurez fisiológica; las estructuras reproductivas mostraron acumulación pronunciada de materia seca entre formación de vainas y madurez. La tasa media de crecimiento diario fue mayor en las etapas intermedias. Los cultivares Peruano 16 y Peruano Mostaza mostraron ciclo biológico más largo, mayor producción de materia seca y rendimiento de grano.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, fenología, biomasa, tasa de crecimiento.

SUMMARY

Knowledge about the onset and duration of developmental stages and dry matter production in common bean varieties is essential for good management and production of this crop. This study was to determine the occurrence and duration of developmental stages and to record dry matter accumulation in the common bean varieties of determinate-growth habit Bayomex, Canario Chiapas, Peruano 16 and Peruano Mostaza. The field work was conducted in Zapopan, Jalisco, Mexico under rainfed conditions, using a randomized complete blocks experimental design with three replications. The number of

days at the beginning of each stage, as well as the dry matter accumulated in each stage and grain yield, were recorded. The duration in days for each stage was determined and dry matter accumulation curves were constructed; the average daily growth rate per phenological stage was obtained. The cultivars showed differences in the stages of development of the reproductive phase and in the extent of the biological cycle. Bayomex and Canario Chiapas reached maturity at 82 and 85 days while Peruano 16 and Peruano Mostaza reached that stage at 92 and 94 days, respectively. Differences were detected among cultivars in total dry matter production. The accumulation of dry matter was slow at the early stages, it was faster at intermediate stages and it slowed towards physiological maturity. There was an increase of dry matter in vegetative structures until pod formation and a decline at physiological maturity; reproductive structures showed pronounced accumulation of dry matter between pod formation and maturity. The average daily growth rate was higher at the intermediate stages. Peruano 16 and Peruano Mostaza cultivars showed a longer biological cycle, increased dry matter and grain yield production.

Index words: *Phaseolus vulgaris*, phenology, biomass, growth rate.

INTRODUCCIÓN

A pesar de los avances logrados en el desarrollo tecnológico para la producción de cultivos como frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), en muchos casos aun se utiliza una escala de tiempo, generalmente días después de la siembra, para indicar el momento en que se debe realizar una práctica agronómica; sin embargo, es preferible hacer referencia a una etapa de desarrollo del cultivo (Fernández *et al.*, 1991; De Azkues, 2000). Por factores ambientales, principalmente temperatura, una etapa de desarrollo como floración o duración del ciclo biológico, puede adelantarse o retrasarse. En albahaca (*Ocimum basilicum* L.), Barroso y Jerez (2002) encontraron que en Cuba el ciclo biológico de esta especie fue de 76 d para la siembra de enero y 60 d para la siembra de abril, fechas en que las temperaturas máximas fueron menores a los 28 y superiores a los 30 °C, respectivamente.

En variedades de frijol, Lépiz (1983) consigna que el tiempo promedio de seis variedades de frijol para llegar a madurez en el área de Tepatitlán, Jalisco (1800 msnm y 19 °C de temperatura media anual) fue de 88 d y en el Valle de México (2250 msnm y 16.1 °C de temperatura media anual) fue de 100 d. Por lo anterior, referirse a una etapa de desarrollo para la aplicación de un tratamiento al cultivo, es más conveniente que referirse a los días transcurridos después de la siembra (De Azkues, 2000; Fehr *et al.*, 1971; Fernández *et al.*, 1991; Galindo y Clavijo, 2009; Meier *et al.*, 2009).

La escala fenológica utilizada por la mayor parte de los investigadores en frijol (Escalante y Kohashi, 1993) describe 10 etapas sucesivas y se basa en los cambios morfológicos y fisiológicos que se suceden durante el desarrollo de la planta o de un cultivo de frijol (Fernández *et al.*, 1991). Los periodos se agrupan en dos fases: vegetativa (5 etapas) y reproductiva (5 etapas) y la escala es similar a la utilizada en soya (*Glycine max*); en esta oleaginosa la escala es más extendida y contempla seis estadios correspondientes a la fase vegetativa y ocho a la reproductiva (Fehr *et al.*, 1971). Por su parte, el sistema BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry) propuesto para casi todas las especies cultivadas, anuales y perennes, considera también 10 estadios principales, con adición de etapas secundarias dentro de cada estadio para describir con mayor precisión los casos de ocurrencia de estadios largos (Meier *et al.*, 2009).

En frijol la fase vegetativa inicia cuando se brinda a la semilla las condiciones para el inicio de la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales. En esta fase se desarrollan las estructuras vegetativas necesarias para la actividad reproductiva de la planta y se divide en cinco estadios conocidos también como etapas de desarrollo: germinación (V0), emergencia (V1), hojas primarias (V2), primera hoja trifoliolada (V3) y tercera hoja trifoliolada (V4). La fase reproductiva da inicio con la aparición de los botones florales y finaliza cuando la planta llega a madurez fisiológica; incluye cinco etapas: prefloración (R5), floración (R6), formación de vainas (R7), llenado de vainas (R8) y madurez fisiológica (R9) (Fernández *et al.*, 1991).

Tanto en la fase vegetativa como en la reproductiva, cada etapa comienza en un evento del desarrollo de la planta cuyo nombre la identifica y termina donde se inicia la siguiente. Cuando se estudia una población, se declara iniciada una etapa de desarrollo cuando 50 % de las plantas presentan tal condición. En los trabajos agronómicos suele registrarse también la madurez de cosecha, evento posterior que ocurre cuando las plantas presentan condiciones de secado para su cosecha y trilla (Fernández *et al.*, 1991).

El rendimiento biológico del frijol medido a través del peso de la materia seca y el rendimiento económico evaluado por la producción de grano están determinados por el genotipo y factores del ambiente (Escalante y Kohashi, 1993; Escalante-Estrada *et al.*, 2014; Fernández *et al.*, 1991). Se ha demostrado que una variedad con mayor ciclo biológico y mayor tiempo de fotosíntesis tiene una mayor producción de materia seca y, en general, un mayor rendimiento de grano (Laing *et al.*, 1984; Lépiz *et al.*, 2003; White e Izquierdo, 1991). También se sabe que la tasa de crecimiento es sensible a los cambios ambientales provocados por las prácticas agronómicas o por los elementos del clima como la temperatura, precipitación y fotoperiodo (Elías y Castellví, 1996; Escalante-Estrada *et al.*, 2014; Kohashi-Shibata, 1991; White, 1985).

El crecimiento de una planta puede medirse a través de la elongación de los tallos, número de ramas, número de nudos, área foliar, producción de materia seca (MS), etc.; sin embargo, como el peso de la MS producido por una planta es el resultado de la fotosíntesis neta, el análisis del crecimiento a través de muestras secuenciales y acumulativas del peso seco describe el crecimiento de una planta a través de sus etapas de desarrollo. El análisis de crecimiento ha mostrado ser útil para describir la plasticidad de un cultivar, su respuesta a la aplicación de insumos y a cambios ambientales, así como para determinar diferencias entre cultivares (Araújo *et al.*, 2009; White e Izquierdo, 1991).

En plantas anuales, incluyendo al frijol, la producción y acumulación de materia seca bajo condiciones no deficitarias registra una tendencia de curva sigmoidea, con una fase de crecimiento lento entre la emergencia y primeras hojas compuestas, un crecimiento activo entre prefloración y formación de vainas, una etapa de mayor acumulación entre llenado de vainas e inicio de madurez fisiológica y finalmente una fase de declinación en madurez por la senescencia y pérdida de órganos como hojas, flores y vainas abortivas (Kohashi-Shibata, 1991; Silva *et al.*, 2005; White e Izquierdo, 1991).

Los programas de mejoramiento genético de frijol en México han generado variedades de diferente hábito de crecimiento y ciclo vegetativo para la producción comercial de grano (Rosales *et al.*, 2004). No obstante que las nuevas variedades y líneas avanzadas cuentan con información relativa a sus características morfológicas y agronómicas, se hace necesario conocer el tiempo de ocurrencia de las fases fenológicas y características de acumulación de MS durante su desarrollo para lograr un mejor manejo del cultivo e incrementar su producción. El objetivo de este trabajo fue determinar la duración en días de las etapas de desarrollo y la acumulación de materia seca en

cuatro variedades de frijol común de hábito de crecimiento determinado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El estudio se realizó bajo condiciones de secano en Zapopan, Jalisco, México, ubicado a los 20° 44' latitud N, 103° 30' longitud O y altitud de 1578 msnm. La localidad es de clima semicálido subhúmedo (Medina *et al.*, 1998), con temperatura y precipitación media anual de 19.6 °C y 979.6 mm, respectivamente. Los suelos son de tipo regosol éutrico de mediana fertilidad, libres de sales y pH ácido, entre 4.5 y 5.5.

Material genético

Los materiales genéticos utilizados fueron las variedades Bayomex, Canario Chiapas, Peruano 16 y Peruano Mostaza, todos de semilla grande (promedio de 41 g en 100 semillas), del acervo genético andino y de hábito de crecimiento determinado arbustivo.

Diseño, unidad experimental y manejo del cultivo

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 4 m de longitud y 75 cm de ancho. La siembra se realizó el 01 de agosto de 2011 y se depositaron 15 semillas por metro lineal. Se fertilizó con el tratamiento 50-50-0 de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. La maleza y las plagas se controlaron de acuerdo con las recomendaciones de Lépiz *et al.* (2015).

Variables registradas y análisis estadístico

Se registraron las etapas de desarrollo descritas por Fernández *et al.* (1991). Se realizaron ocho muestreos de materia seca al inicio de cada etapa a partir de la hoja simple (V2), se tomaron cinco plantas al azar por parcela; las plantas, con raíz incluida, se llevaron a peso constante a 40 °C por 5 d en una estufa de secado (marca Binder GmbH®, Neckarsulm, Alemania).

Al inicio de cada etapa de desarrollo se registró el número de días transcurridos para determinar el número de días en alcanzar cada uno de los estadios de las variedades, así como la duración de éstos; también, al inicio de cada fase se registraron los valores de MS y se construyeron gráficas de acumulación de MS por cultivar. Con los valores de MS y el número de días transcurridos entre una fase y la siguiente, se calculó la tasa media de crecimiento diario (TCD) (g/planta/d) también denominada tasa media de

crecimiento absoluto (TCA) para siete periodos consecutivos y para cada uno de los cuatro cultivares (Barrera *et al.*, 2010; Escalante y Kohashi, 1993; Zavala-Hernández *et al.*, 2015). Se utilizó la fórmula $TCD = (MS_2 - MS_1) / (t_2 - t_1)$, donde MS₂ y MS₁ representan la materia seca de la planta en los tiempos t₂ y t₁, expresada en g/planta/d. Las temperaturas máxima, media y mínima, así como la precipitación durante la estación de crecimiento se obtuvieron de la estación meteorológica de la Universidad de Guadalajara, ubicada en Zapopan, Jalisco. Se practicaron análisis de varianza para las variables cuantitativas y comparaciones entre promedios mediante la prueba de Tukey 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapas de desarrollo

Los cultivares evaluados de frijol de hábito de crecimiento determinado arbustivo tipo I registraron diferencias en su ciclo biológico; Canario Chiapas y Bayomex se comportaron como precoces con 82 y 85 d a R9, en tanto que Peruano 16 y Peruano Mostaza se mostraron como tardíos con 92 y 94 d para alcanzar la misma etapa, respectivamente (Cuadro 1). En vista de que se trata del mismo hábito de crecimiento de los cultivares estudiados, se esperaba un comportamiento similar en duración del ciclo biológico (Lépiz, 1983; Rosales *et al.*, 2004); sin embargo, los resultados muestran que dentro del hábito de crecimiento determinado hay variabilidad en cuanto a ciclo vegetativo y que es posible seleccionar y desarrollar cultivares con mayor ciclo biológico, y por ende, con mayor tiempo para realizar fotosíntesis, factor que puede incrementar el rendimiento de materia seca y de grano (Laing *et al.*, 1984; Lépiz *et al.*, 2003; White e Izquierdo, 1991). Esta posibilidad se pone de manifiesto en el caso de las variedades Peruano Mostaza y Peruano 16, con mayor ciclo en relación con los cultivares tradicionales de hábito determinado como Canario Chiapas y Bayomex.

Los registros de la fenología muestran que el tiempo en alcanzar las diferentes etapas de desarrollo en la fase vegetativa fue similar entre los cuatro cultivares, pero diferente en la fase reproductiva (Cuadro 1). En el periodo reproductivo los cultivares Canario Chiapas y Bayomex alcanzaron la etapa de floración (R6) a los 42 y 43 d, en tanto que Peruano 16 y Peruano Mostaza lo hicieron a los 48 y 49 d. El comportamiento de las variedades en alcanzar la etapa de llenado de vainas (R8) fue similar, mientras que Canario Chiapas y Bayomex lo hicieron a los 61 d promedio, Peruano 16 y Peruano Mostaza llegaron a la misma etapa a los 69 d en promedio. Por otra parte, se puede afirmar que en el presente estudio los elementos del clima como las temperaturas semanales máximas, medias y mínimas, que mostraron poca variación durante la estación

Cuadro 1. Inicio y duración de las etapas de desarrollo de los cultivares de frijol expresados en número de días.

Cultivar	Etapas									
	V0	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9
Bayomex	0	6	12	22	30	38	43	53	62	85
Canario Chiapas	0	6	12	21	29	36	41	51	60	82
Peruano16	0	7	13	24	32	43	48	57	68	92
Peruano Mostaza	0	7	13	24	33	44	49	59	70	94

V0: germinación, V1: emergencia, V2: hojas primarias, V3: primera hoja trifoliada, V4: tercera hoja trifoliada, R5: prefloración, R6: floración, R7: formación de vainas, R8: llenado de vainas, R9: madurez fisiológica.

de crecimiento (Figura 1), afectaron de forma similar a todos los cultivares. La precipitación mostró una baja en la segunda y tercera semana de septiembre, sin llegar a ser crítica para el desarrollo de los cultivares.

Materia seca

En las etapas correspondientes a la fase vegetativa (V2, V3 y V4) no hubo diferencias significativas en contenido de MS entre los cultivares evaluados. En la fase reproductiva, el análisis de varianza detectó diferencias en todas las etapas de desarrollo, excepto en formación de vainas (Cuadro 2). En las etapas donde se detectaron diferencias, los cultivares Peruano 16 y Peruano Mostaza fueron iguales entre sí y superiores a Canario Chiapas y Bayomex (Cuadro 3). En rendimiento de grano, los cultivares Peruano 16 y Peruano Mostaza también fueron mejores (Cuadro 3).

Los resultados de MS acumulada por los cultivares en cada etapa fenológica se presentan en la Figura 2. Las gráficas muestran el comportamiento general esperado: de V2 a V4 un crecimiento lento, de V4 a R7 un crecimiento acelerado y de R8 a R9 una reducción en la acumulación de MS. Los resultados obtenidos concuerdan con lo consignado por Kohashi-Shibata (1991), Silva *et al.* (2005) y White e Izquierdo (1991) en trabajos de análisis de crecimiento en frijol, quienes también señalan que la dinámica de acumulación de MS durante el desarrollo sigue la curva clásica de crecimiento sigmoidal.

La Figura 2 muestra también las diferencias en acumulación de MS entre los cultivares. Los cultivares Peruano 16 y Peruano Mostaza fueron superiores a Canario Chiapas y Bayomex en la fase reproductiva. Las diferencias en MS en la fase reproductiva entre los dos grupos de cultivares puede explicarse por el mayor ciclo biológico de Peruano 16 y Peruano Mostaza, que presentan una fase reproductiva más prologada y, por consiguiente, mayor tiempo de fotosíntesis y mayor acumulación de MS y producción de grano (Escalante-Estrada *et al.*, 2014; Laing *et al.*, 1984; Lépiz *et al.*, 2003; White e Izquierdo, 1991). Este resultado respalda la propuesta de Lépiz *et al.* (2003), quienes sugieren generar cultivares de frijol de tipo arbustivo con un

ciclo biológico mayor a los 95 d para aprovechar de mejor manera la estación de crecimiento e incrementar el rendimiento de grano en la región centro de Jalisco.

Crecimiento vegetativo y reproductivo

A partir de la etapa de floración, la MS de los cultivares se separó en la parte vegetativa (hojas, tallos, ramas y raíces) y reproductiva (botones, flores y vainas) para los cultivares estudiados (Figuras 3, 4, 5 y 6). En los cuatro cultivares se observó un incremento en MS de la parte vegetativa hasta la fase de formación de vainas; posteriormente, de formación de vainas a madurez fisiológica, los cuatro cultivares presentaron un marcado descenso (Silva *et al.*, 2005; White e Izquierdo, 1991). La declinación de la MS de la parte vegetativa tiene dos componentes principales: la translocación de fotoasimilados, esencialmente de las hojas a las estructuras reproductivas representadas por las vainas y semillas, y la senescencia y caída gradual de las hojas (Kohashi-Shibata, 1991).

La MS de las estructuras reproductivas mostró dos etapas definidas: entre floración y formación de vainas hubo un incremento moderado, y entre las fases llenado de vainas a madurez, donde el incremento fue pronunciado. Este incremento de MS en llenado de vainas y madurez se puede explicar por la translocación de fotosintatos principalmente de las hojas a las estructuras reproductivas, representadas por vainas y semillas (Kohashi-Shibata, 1991; Silva *et al.*, 2005; White e Izquierdo, 1991). En el mismo tenor, se puede establecer que el crecimiento de las estructuras vegetativas fue más alto en la etapa de formación de vainas, en tanto que las estructuras reproductivas alcanzaron su máximo valor en madurez fisiológica.

Tasa de de crecimiento

La tasa media de crecimiento diario (TCD) se muestra en la Figura 7, donde se aprecian diferencias entre etapas de desarrollo y entre cultivares. Las TCD más altas se registraron en las etapas intermedias, de V4 a R5, R5 a R6 y R6 a R7, periodos donde el crecimiento del frijol fue más activo, con una tasa más alta de R5 a R6. Un comportamiento

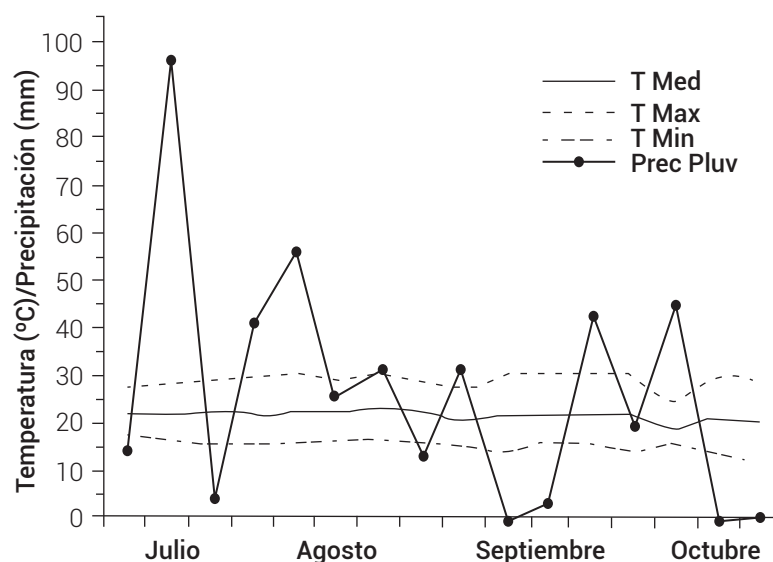


Figura 1. Temperaturas promedio semanales y precipitación pluvial durante el desarrollo del cultivo. Estación Meteorológica de la Universidad de Guadalajara, Los Belenes, Zapopan, Jalisco. Año 2011.

Cuadro 2. Parámetros estadísticos del análisis de varianza de materia seca por etapas de desarrollo, entre cultivares de frijol común de hábito de crecimiento determinado.

Etapas de desarrollo	Cuadrado medio	F calculada	Promedio (g/planta)	Coefficiente de variación (%)
Hojas simples (V2)	0.002	1.26	4.39	0.96
Primera hoja trifoliada (V3)	0.087	0.96	4.74	6.35
Tercera hoja trifoliada (V4)	0.595	0.43	6.30	18.62
Prefloración (R5)	25.180	6.73*	10.78	17.95
Floración (R6)	66.760	12.51**	19.30	11.97
Formación de vainas (R7)	54.164	2.69	23.75	18.89
Llenado de vainas (R8)	79.181	8.71**	25.22	11.96
Madurez fisiológica (R9)	100.479	9.55**	20.24	16.02
Rendimiento	110.306	8.09**	16.08	22.96

*: Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **: Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$).

similar fue observado en las curvas de acumulación de MS total e indica los periodos de mayor actividad fotosintética de los cultivares utilizados. Los resultados muestran la dinámica de crecimiento del cultivo y señalan las etapas de mayor producción de MS, etapas donde los cultivares de frijol deben disponer de los elementos necesarios para su crecimiento y desarrollo óptimos (Escalante-Estrada *et al.*, 2014; White e Izquierdo, 1991). En la Figura 7 también se puede constatar que Peruano 16 y Peruano Mostaza presentaron las TCD más altas. En el periodo de R8 a R9 las TCD fueron negativas; esto se explica por el menor valor de la MS en R9 en relación con la de R8, a consecuencia de la caída de hojas y vainas vanas en la etapa de madurez fisiológica.

Los resultados obtenidos en las curvas de acumulación de MS y de tasa media de crecimiento diario muestran también que la mayor producción de fotoasimilados se registra en las etapas intermedias, de prefloración a formación de vainas; ambos resultados robustecen la propuesta de evitar deficiencias de agua y elementos nutricionales en las etapas de crecimiento activo para lograr altos rendimientos en cultivares de frijol (Barrera *et al.*, 2010; Escalante-Estrada *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Los cultivares de frijol común de hábito de crecimiento determinado exhiben diferencias en las etapas de desarrollo en la fase reproductiva y en su ciclo biológico en

Cuadro 3. Contenido de materia seca (g/planta) y comparación de medias entre cultivares de frijol común de hábito de crecimiento determinado por etapas de desarrollo.

Etapas de desarrollo	Cultivares				Significancia
	Bayomex	Canario Chiapas	Peruano 16	Peruano ostaza	
Hoja simple (V2)	4.39	4.42	4.36	4.39	NS
Primera hoja trifoliolada (V3)	4.86	4.59	4.61	4.92	NS
Tercera hoja trifoliolada (V4)	6.33	6.17	5.81	6.88	NS
Prefloración (R5)	8.52 b	8.28 b	12.05 ab	14.27 a	*
Floración (R6)	17.72 bc	13.63 c	20.31 b	25.20 a	**
Formación de vainas (R7)	22.06	18.60	26.13	28.16	NS
Llenado de vainas (R8)	21.37 b	20.33 b	30.68 a	28.48 a	**
Madurez fisiológica (R9)	15.35 b	15.45 b	26.92 a	23.24a	**
Rendimiento de grano (g/planta)	12.33 b	10.00 b	23.33 a	18.67 ab	**

NS: Diferencias no significativas *: Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **: Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$). Medias con letras iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

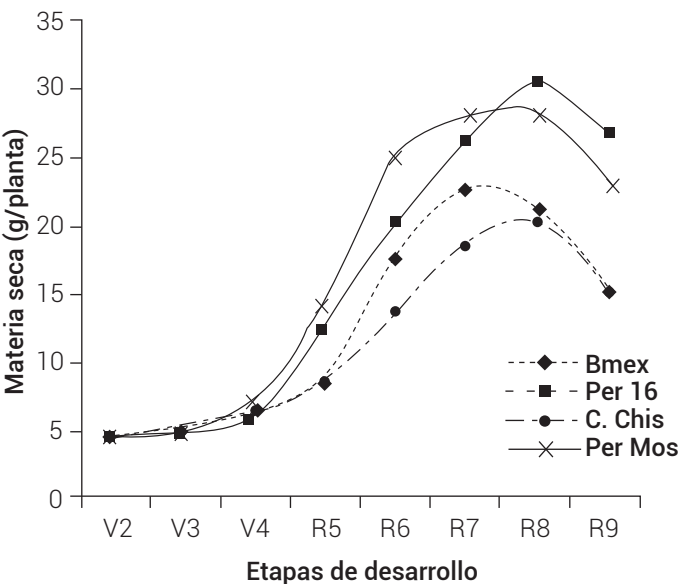


Figura 2. Acumulación de materia seca (g/planta) en ocho etapas de desarrollo, en cultivares de frijol común de hábito de crecimiento determinado. Bmex: Bayomex, Per 16: Peruano 16, C. Chis: Canario Chiapas, Per Mos: Peruano Mostaza.

producción de materia seca y en rendimiento de grano. La acumulación de materia seca es lenta en las etapas iniciales, presenta mayor crecimiento en estados intermedios y se reduce en madurez fisiológica. Las estructuras vegetativas presentaron incremento de materia seca continua hasta formación de vainas y las estructuras reproductivas de floración a madurez fisiológica. La tasa media de crecimiento diario fue más alta en las etapas intermedias, con predominio en el periodo de prefloración a floración. Los cultivares Peruano 16 y Peruano Mostaza, con mayor número de días de fase reproductiva a madurez fisiológica, mostraron mayor producción de materia seca y

rendimiento de grano.

BIBLIOGRAFÍA

Araújo J. R., M. A. P. Ramalho, A. T. Bruzi and Â. F. B. Abreu (2009) Dry matter accumulation in genotypes of bean submitted to different levels of nitrogen. *Ciência e Agrotecnologia* 33:985-992.

Barrera J., D. Suárez y L. M. Melgarejo (2010) Análisis de crecimiento en plantas. In: Experimentos en Fisiología Vegetal. L. M. Melgarejo (ed.). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp:25-37.

Barroso L. y E. Jerez (2002) Fenología de la albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.) cultivada en diferentes fechas de siembra. *Cultivos Tropicales* 23:43-46.

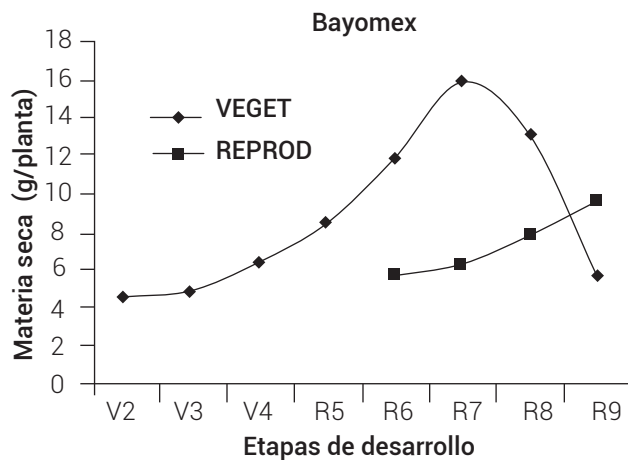


Figura 3. Acumulación de materia seca en órganos vegetativos y reproductivos del cultivar Bayomex. VEGET, órganos vegetativos; REPROD, órganos reproductivos.

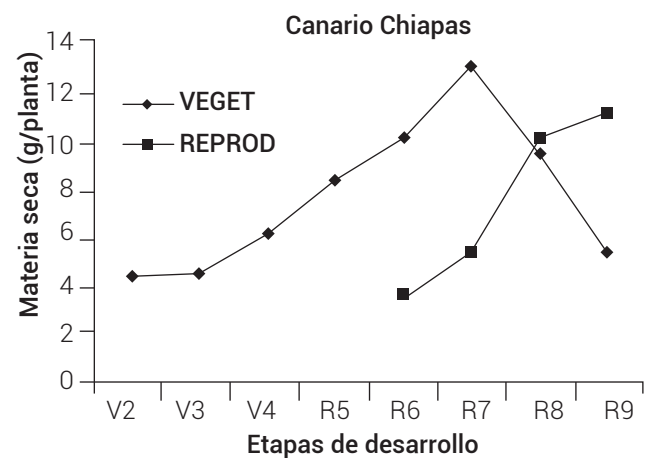


Figura 4. Acumulación de materia seca en órganos vegetativos y reproductivos del cultivar Canario Chiapas. VEGET, órganos vegetativos; REPROD, órganos reproductivos.

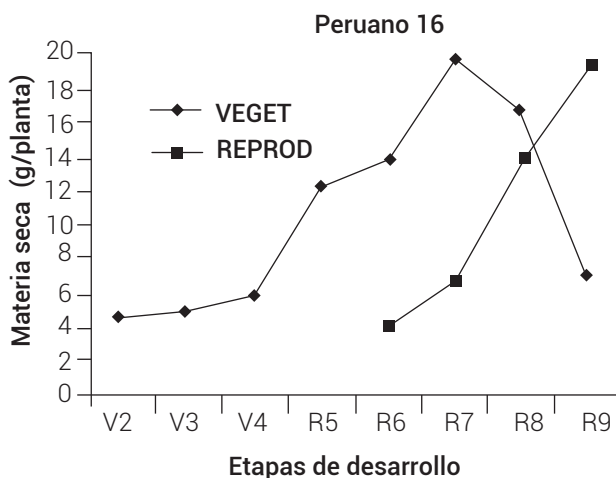


Figura 5. Acumulación de materia seca en órganos vegetativos y reproductivos del cultivar Peruano 16. VEGET, órganos vegetativos; REPROD, órganos reproductivos.

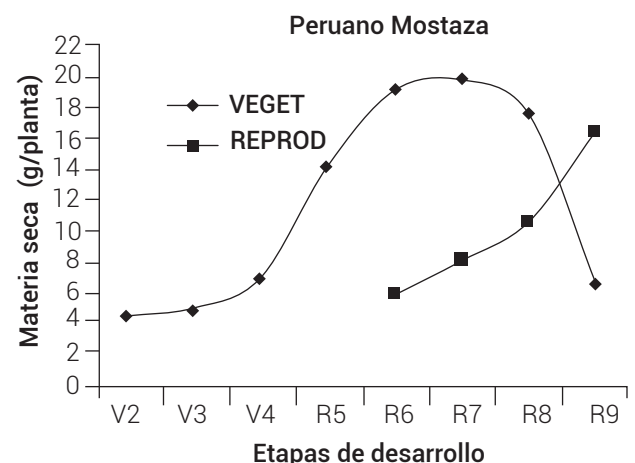


Figura 6. Acumulación de materia seca en órganos vegetativos y reproductivos del cultivar Peruano Mostaza. VEGET, órganos vegetativos; REPROD, órganos reproductivos.

- De Azkues, M. (2000) La fenología como herramienta en la agroclimatología. Publicación Técnica. INIA, CENIAP. Venezuela. <http://www.infoagro.com/frutas/fenologia.htm> (Abril 2018).
- Elías C. F. y F. Castellví S. (1996) Agrometeorología. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 517 p.
- Escalante E. J. A. y J. Kohashi S. (1993) El Rendimiento y Crecimiento del Frijol: Manual para Toma de Datos. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 84 p.
- Escalante-Estrada J. A., M. T. Rodríguez-González y Y. I. Escalante-Estrada (2014) Tasa de crecimiento de biomasa y rendimiento de frijol en función del nitrógeno. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria Mexicana* 2:1-8.
- Fehr W. R., C. E. Caviness, D. T. Burmood and J. S. Pennington (1971) Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science* 11:929-931.

- Fernández C. F., P. Gepts y M. López (1991) Etapas de desarrollo de la planta de frijol. In: Frijol: Investigación y Producción. M. López, F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp:61-78.
- Galindo P. J. R. y J. Clavijo P. (2009) Fenología del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta plástica. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10:5-15.
- Kohashi-Shibata J. (1991) Fisiología. In: Contribuciones al Conocimiento del Frijol (*Phaseolus*) en México. E. M. Engleman (ed.). Colegio de Postgraduados. Chapingo. Estado de México. pp:39-58.
- Laing D. R., P. G. Jones and J. H. C. Davis (1984) Common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). In: The Physiology of Tropical Field Crops. P. R. Goldsworthy and N. M. Fisher (eds.). John Wiley and Sons. New York, NY, USA. pp:305-351.
- Lépez I. R. (1983) Origen y descripción botánica. In: Frijol en el Noroeste

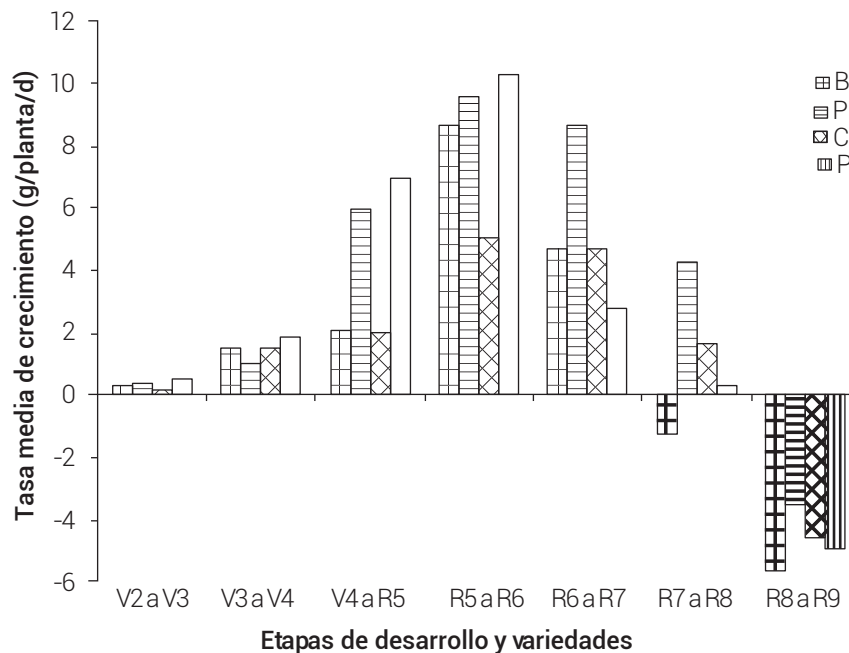


Figura 7. Tasa media de crecimiento diario (g/planta/d) en variedades de frijol de hábito de crecimiento determinado durante siete etapas de desarrollo fenológico. BMEX, Bayomex; PER 16, Peruano 16; C CHIS, Canario Chiapas; P MOS, Peruano Mostaza.

- de México. Tecnología de Producción. R. Lépiz I. y J. Navarro S. (eds.). CIAPAN, INIA. Culiacán, Sinaloa, México. pp:29-44.
- Lépiz I. R., E. López A., J. L. Martínez R., S. Núñez G. y A. González A. (2003) Identificación y desarrollo de variedades de frijol para ambientes favorables. *Scientia-CUCBA* 5:89-103.
- Lépiz I. R., S. Sánchez P., E. López A., J. J. López A., I. E. Chavarín E y K. E. Meza E. (2015) El Cultivo del Frijol en Jalisco. Tecnología para Altos Rendimientos. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. 54 p.
- Medina G. G., J. A. Ruiz C. y R. A. Martínez P. (1998) Los Climas de México. Una Estratificación Ambiental Basada en el Componente Climático. Libro Técnico No. 1. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, INIFAP. Guadalajara, Jalisco, México. 104 p.
- Meier U., H. Bleiholder, L. Buhr, C. Feller, H. Hack, M. Heß, P. D. Lancashire, U. Schnock, R. Stauß, T. van den Boom, E. Weber and P. Zwerger (2009) The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants – history and publications -. *Journal Für Kulturpflanzen* 61:41-52.
- Rosales S. R., J. A. Acosta G., J. S. Muruaga M., J. M. Hernández C., G. Esquivel E. y P. Pérez H. (2004) Variedades Mejoradas de Frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No. 6. Campo Experimental Valle de México, INIFAP. Chapingo, Estado de México. 148 p.
- Silva V. M. P., M. J. B. Andrade, A. R. Moraes, N. M. B. Vieira and J. Alves Jr. (2005) Dry matter accumulation by common bean cv. BRS MG Talismã. *Bean Improvement Cooperative* 48:154-155.
- White J. W. (1985) Conceptos básicos de fisiología de frijol. In: Frijol: Investigación y Producción. M. López, F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp:43-60.
- White J. W. and J. Izquierdo (1991) Physiology of yield potential and stress tolerance. In: Common Beans. Research for Crop Improvement. A. van Schoonhoven and O. Voysest (eds.). CAB International. Wallingford, U. K. pp:287-382.
- Zavala-Hernández J. T., L. Córdova-Téllez, J. Martínez-Herrera y J. C. Molina-Moreno (2015) Desarrollo del fruto y semilla de *Jatropha curcas* L. e indicadores de madurez fisiológica de la semilla. *Revista Fitotecnica Mexicana* 38:275-284.