

Variación de peso seco en cinco genotipos de frijol, *Vigna unguiculata* (L.) Walp bajo condiciones de campo.¹

Variation of dry matter in five genotypes of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp under field conditions.

Francisber Medina²
William Chang²
José Bracho²
Merylín Marín³
Douglas Esparza⁴

Resumen

Con la finalidad de estudiar la variación del peso seco en genotipos de frijol, *Vigna unguiculata* (L.) Walp se condujo un ensayo en la granja experimental "Ana María Campos" de La Universidad del Zulia ubicada en un bosque muy seco tropical. Se sembraron semillas de frijol (ON-C) y cuatro mutantes élites: ON-30(1), ON-30(4), ON-30(5) y ON-30(6). El muestreo se realizó a intervalos de diez días tomando catorce plantas por genotipo. Las variables estudiadas fueron: Peso seco total (PST), peso seco de hojas (PSH), peso seco de tallos (PSTA), peso seco de ramas (PSRA), peso seco de flores (PSFL) y peso seco de frutos (PSFR). El diseño estadístico fue un totalmente al azar con arreglo de parcelas divididas en el tiempo. Hubo diferencias significativas para los efectos de edad y genotipo y para la interacción de genotipo x edad ($P < .01$) en todas las variables estudiadas. Los análisis revelan que al final del ciclo ON-30(6) obtuvo las medias más altas de PST, PSTA, PSR y PSFR (26.122; 3.458; 3.866 y 16.899 g, respectivamente). Estos hallazgos permiten concluir que el peso seco constituye una variable importante en la caracterización del crecimiento y desarrollo de las plantas a la vez que posibilita la diferenciación del comportamiento entre genotipos.

Palabras claves: Peso seco, *Vigna unguiculata*, crecimiento.

Recibido el 18-01-95 ● Aceptado el 26-03-96

1. Proyecto CONDES N° 378. Cofinanciado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humánico y la Corporación de Desarrollo de la Región Zuliana (CORPOZULIA).

2. Ingeniero Agrónomo.

3. Departamento de Botánica (LUZ).

4. Departamento de Estadística.

Abstract

To study the variations in dry weight in five genotypes of cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp a field experiment was conducted at the Zulia University experimental farm "Ana María Campos", located in a dry tropical forest areas. Cowpea seeds of ON-C variety and four elite mutants: ON-30(1), ON-30(4), ON-30(5) and ON-30(6) were planted. Sampling was carried out at a ten-day interval, taking 14 plant for each genotype. Variables studied were: total dry weight (DWL), dry-leaf weight (DWL), dry-stem weight (DWS), dry-branch weight (DWE), dry-flower weight (DWFL) and dry-fruit weight (DWFR). The experimental design was total randomized arranged in lots divided in time. Differences were found according to age and genotype and for the effect of genotype vs age ($P < .01$) in all variables studied. Analysis shows that at the end of the cycle ON-30(6) had the highest average DWL, DWS, DWB and DWFR (26.122, 3.458, 3.866 and 16.899 g respectively). These findings allow us to conclude that dry weight is an important variable for determining growth and development of plant, and at the same time it makes it possible to differentiate the behavior between different genotypes.

Key words: dry weight, *Vigna unguiculata*, growth.

Introducción

La acumulación de peso seco en las plantas depende mayormente del balance entre los procesos fotosintéticos y la respiración. Los fenómenos que afectan este balance se traducen en última instancia en una variación de la eficiencia de acumulación de peso seco (16).

Desde el punto de vista fisiológico, el peso seco, aún cuando es un método destructivo constituye una variable de gran importancia en la cuantificación del crecimiento (4). En la práctica, una de las medidas más comunes del peso es aquel peso seco total de la parte aérea de la planta y sus órganos (13).

Las variaciones en la acumulación de peso seco pueden estar relacionadas a muchos factores (4). Uno de ellos lo constituye la dotación genética,

sobre la cual se han llevado a cabo estudios con el fin de mejorar la productividad de los cultivos otros factores son los de tipo externo y aquellos como la respiración (4).

Al consultar la literatura existente sobre el frijol se encontraron trabajos de mutaciones inducidas en dicho cultivo obtenidas a través de radiaciones (8). Sin embargo, la información sobre la acumulación y distribución de peso seco es escasa por lo que se consideró conveniente al estudio de esta leguminosa llevar a cabo un trabajo de investigación con el objetivo de evaluar el efecto del genotipo y la edad sobre la variación del peso seco en cinco genotipos de frijol, *Vigna unguiculata* (L.) Walp bajo condiciones de campo.

Materiales y métodos

La fase de campo se desarrolló en la granja experimental "Ana María Campos" de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, Municipio Maracaibo del Estado Zulia, situada en la zona de vida de bosque muy seco tropical con una temperatura media anual de 27.9°C y una precipitación media de 471 mm/año.

Los suelos presentes en el área se clasifican según el sistema americano "Soil Taxonomy" como Typic Haplargids con un horizonte argílico subsuperficial (12).

Se utilizó como material experimental semillas de frijol, *Vigna unguiculata* (L.) Walp var. ojo negro y cuatro mutantes élites color beige con un círculo negro rodeando el hilum y hábito de crecimiento determinado (8) descritos a continuación: ON-Control, ON-30(1), ON-30(4), ON-30(5) y ON-30(6).

Diez parcelas conformaron el ensayo, dos para cada material, totalizando un área efectiva de 2000 m² en un arreglo completamente aleatorizado. Se sembró en diciembre de 1992 con una densidad de 200.000 plantas/ha, siendo necesaria una resiembra parcial de los genotipos ON-30(1), ON-30(4) y ON-30(6) cinco días después de la siembra.

El control de malezas se realizó en forma manual con la resiembra hasta los treinta días de edad por ser este el período crítico. Se fertilizó 15 días después de la siembra con una mezcla fertilizante 12-24-12 a una dosis de 100 kg/ha en forma paralela al hilo de siembra a una distancia aproxi-

mada de la planta de 0.10 m y a una profundidad de 5 cm.

Se hizo necesaria la aplicación de una dosis de Malathión para contrarrestar el ataque de áfidos (*Aphis gossypii*).

Las parcelas se regaron por aspersión con una frecuencia de dos veces/semana hasta que el cultivo cumplió cuarenta días de sembrado, disminuyendo posteriormente a un riego semanal hasta los 50 días de edad fecha a partir de la cual se suspendió totalmente para evitar el manchado de la semilla.

La cosecha se llevó a cabo al final del ciclo con trilladora cuando el material se hubo secado completamente.

Las observaciones se hicieron cada 10 días contados a partir de la emergencia de las plántulas para un total de seis muestreos. Se extrajeron siete plantas por parcela en forma aleatoria, pero evitando tomar aquellas ubicadas en los bordes laterales y bordes de cabecera, quedando un área efectiva de muestreo de 1960 m².

Las plantas se trasladaron al Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía de LUZ, envueltas en papel absorbente húmedo y colocadas dentro de cavas para evitar la pérdida de turgencia del tejido vegetal.

Una vez en el laboratorio las plantas se separaron en sus diferentes órganos (hojas, tallos, ramas, flores y frutos) y se sometieron al secado de la estufa a una temperatura de 65°C hasta peso constante, luego se pesaron

individualmente cada uno de dichos órganos y los valores resultantes se sumaron para obtener el peso seco total de la parte aérea (no se consideró la raíz como parte del estudio). El pesaje se efectuó en una balanza analítica y los resultados se expresaron en gramos.

El análisis estadístico de los datos se realizó a través del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), considerando como factores de estudio: edad y genotipo y como variables respuestas: peso seco total (PST), peso seco de hojas (PSH), peso seco de tallos (PSTA), peso seco de ramas (PSR), peso seco de flores (PSFL) y peso seco de frutos (PSFR).

El diseño estadístico fue un totalmente al azar con arreglo de parcelas divididas en el tiempo.

Los datos del experimento se utilizaron para seleccionar la función matemática que mejor ajustara el comportamiento del peso seco total y peso seco por órgano en el tiempo.

La ecuación matemática empleada en el ajuste de las curvas de crecimiento fue la exponencial polinómica de segundo grado (15):

$$Y = e^{(\beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2)}$$

donde:

Y = peso seco total o peso seco de órgano.

β = parámetros de la función.

e = constante matemática (2.71828).

x = variable independiente (edad y genotipo).

Resultados y discusión

Peso seco total. En el cuadro 1 se señala el rango de variación del peso seco de los diferentes órganos de la planta de frijol, la media general, la variabilidad experimental y el grado de ajuste del modelo. El peso seco total y el resto de las variables mostraron diferencias altamente significativas ($P < .01$) en relación al genotipo (cuadro 2), la edad (cuadro 3) y la interacción de los dos factores anteriores (figura 1).

El aumento de peso fue relativamente lento durante los primeros 20 días, siendo el ON-30(5) el que mostró los valores más altos en las edades 10 y 20 (0.251 y 3.921 g, respectivamente); luego de esta primera fase se produjo un incremento en la acumulación de peso seco que se prolongó hasta el final

del ciclo cuando la plantación ocupó casi la totalidad del área de siembra. Aunque a los 30 días el ON-30(1) superó al resto de los genotipos incluyendo al ON-Control, fue el ON-30(6) el que mostró mayor acumulación de peso seco desde los 30 días en adelante obteniendo su máxima expresión a los 50 días con una media de 31.643 g.

Cabe destacar que tres de los genotipos estudiados exhibieron su máximo potencial a los 50 días de edad excepto el ON-C que lo hizo a los 40 y el ON-30(1) a los 60 días.

En la etapa final del ciclo (fase de senescencia), todos los genotipos a excepción del ON-30(1) experimentaron una disminución del peso seco siendo muy marcada en el caso del ON-

Cuadro 1. Rangos de variación observados, media general, coeficientes de variación y coeficiente de determinación del peso seco total y peso seco por órgano.

| Variable | valor (g) | | media general (g) | CV (%) | R ² |
|------------------|-----------|------|-------------------|--------|----------------|
| | max | min | | | |
| Peso seco total | 47.16 | 0.11 | 13.96 | 31.35 | 0.88 |
| Peso seco hojas | 19.75 | 0.06 | 3.53 | 31.00 | 0.92 |
| Peso seco tallos | 6.23 | 0.03 | 2.26 | 23.92 | 0.89 |
| Peso seco ramas | 10.18 | 0.67 | 2.35 | 45.00 | 0.84 |
| Peso seco flores | 0.56 | 0.04 | 0.14 | 64.33 | 0.66 |
| Peso seco frutos | 31.79 | 0.01 | 8.70 | 39.08 | 0.85 |

30(6).

Las curvas de crecimiento de los genotipos de frijol para cada una de las variables consideradas han sido representadas mediante la función matemática exponencial polinómica de segundo grado que ajusta la dinámica del comportamiento fisiológico de las plantas bajo estudio (cuadro 4).

Las curvas de crecimiento de los cinco genotipos presentan un desarrollo continuo con tres fases fisiológicas bien diferenciadas: una fase juvenil caracterizada por una alta actividad metabó-

lica que se inicia con la emergencia de las plántulas y termina con la aparición de las estructuras reproductoras, su duración varía con el cultivo y dentro de plantas del mismo cultivo siendo de aproximadamente 25 días en los materiales estudiados. Posterior a la fase juvenil las plantas entran a la etapa de madurez en la cual se desarrollan las flores lo que trae como consecuencia una disminución del crecimiento vegetativo y una acumulación de grandes reservas de nutrientes en dichas estructuras. En los

Cuadro 2. Efecto del genotipo sobre la variación del peso seco en el frijol.

| Genotipos | PST (g) | PSH (g) | PSTA (g) | PSR (g) | PSFL (g) | PSFR (g) |
|-----------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| ON-C | 12.60 ^{bc} | 2.84 ^c | 2.38 ^a | 2.19 ^b | 0.13 ^b | 7.70 ^b |
| ON-30(1) | 12.90 ^{bc} | 3.05 ^c | 2.45 ^a | 1.97 ^b | 0.14 ^b | 8.08 ^b |
| ON-30(4) | 13.93 ^b | 3.77 ^{ba} | 1.71 ^b | 2.85 ^a | 0.18 ^a | 8.32 ^b |
| ON-30(5) | 14.45 ^b | 4.00 ^b | 2.37 ^a | 2.17 ^b | 0.10 ^{bc} | 8.77 ^b |
| ON-30(6) | 16.72 ^a | 5.61 ^a | 2.42 ^a | 2.64 ^a | 0.11 ^b | 10.57 ^a |

Medias con letras distintas muestran diferencias significativas ($P < 0.01$). PST: Peso seco total (g). PSH: Peso seco de hojas (g). PSTA: Peso seco de tallos (g). PSR: Peso seco de ramas (g). PSFL: Peso seco de flores (g). PSFR: Peso seco de frutos (g).

Cuadro 3. Efecto de la edad sobre la variación del peso seco en el frijol.

| Edad (días) | PST (g) | PSH (g) | PSTA (g) | PSR (g) | PSFR (g) |
|-------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 10 | 0.22 ^e | 0.16 ^f | 0.05 | — | — |
| 20 | 3.28 ^d | 2.24 ^d | 1.04 ^e | — | — |
| 30 | 10.99 ^c | 6.25 ^b | 2.91 ^c | 1.70 ^d | 0.06 ^c |
| 40 | 23.11 ^b | 8.58 ^a | 3.80 ^a | 5.32 ^a | 5.30 ^b |
| 50 | 24.93 ^a | 2.87 ^c | 3.10 ^b | 3.83 ^b | 15.11 ^a |
| 60 | 22.19 ^b | 1.83 ^e | 2.70 ^d | 3.37 ^c | 14.29 ^a |

Medias con letras distintas muestran diferencias significativas ($P < .01$). PST: Peso seco total (g). PSH: Peso seco de hojas (g). PSTA: Peso seco de tallos (g). PSR: Peso seco de ramas (g). PSFL: Peso seco de flores (g). PSFR: Peso seco de frutos (g).

genotipos de frijol la presencia de flores se observó a los 30 días a partir de donde ocurrió el máximo desarrollo de las plantas. La fase final o de senescencia se inició a los 50 días y constituyó un proceso irreversible, reflejado con el deterioro progresivo de los órganos de las plantas sin posterior recuperación.

El incremento en la acumulación de peso seco a través del tiempo hasta llegar a un máximo a partir del cual declina observado en las plantas de frijol, coincide con lo reportado por algunos autores (1, 2, 10, 14), quienes trabajando en cultivos anuales (soya y caraota) concluyen que a medida que el tiempo avanza se produce un

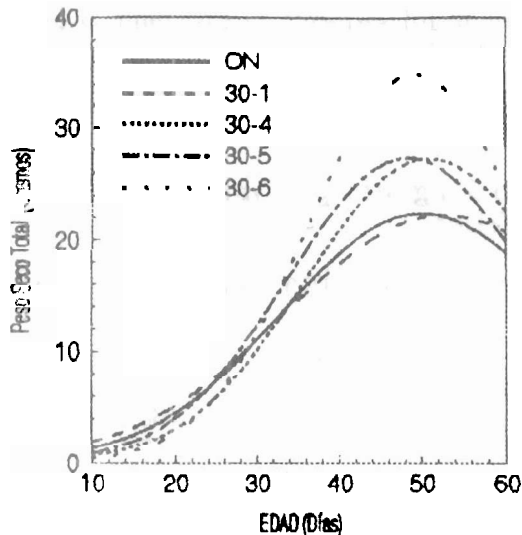


Figura 1. Variación del peso seco total en cinco genotipos de frijol, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

Cuadro 4. Funciones matemáticas y coeficientes de determinación obtenidos para cada una de las variables en estudio.

| Variable | Genotipo | Ecuación | R ² |
|----------|----------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| PST | ON-C | $e^{(-1.296162 + 0.1759157 * x - 0.001756 * x^2)}$ | 0.969 |
| | ON-30(1) | $e^{(-0.649674 + 0.1420781 * x - 0.001345 * x^2)}$ | 0.968 |
| | ON-30(4) | $e^{(-2.548547 + 0.2298189 * x - 0.002256 * x^2)}$ | 0.993 |
| | ON-30(5) | $e^{(-2.207056 + 0.2278589 * x - 0.002354 * x^2)}$ | 0.997 |
| | ON-30(6) | $e^{(-3.671272 + 0.293742 * x - 0.002986 * x^2)}$ | 0.964 |
| | PSH | ON-C | $e^{(-4.010242 + 0.3429988 * x - 0.004964 * x^2)}$ |
| ON-30(1) | | $e^{(-4.001264 + 0.3616568 * x - 0.005466 * x^2)}$ | 0.941 |
| ON-30(4) | | $e^{(-2.488475 + 0.2204027 * x - 0.002742 * x^2)}$ | 0.907 |
| ON-30(5) | | $e^{(-4.853888 + 0.3877337 * x - 0.0053 * x^2)}$ | 0.925 |
| ON-30(6) | | $e^{(-1.632223 + 0.9732713 * x - 0.012432 * x^2)}$ | 0.959 |
| PST | | ON-C | $e^{(-2.228195 + 0.1610439 * x - 0.001801 * x^2)}$ |
| | ON-30(1) | $e^{(-2.063254 + 0.1632811 * x - 0.001921 * x^2)}$ | 0.913 |
| | ON-30(4) | $e^{(-3.110996 + 0.1968052 * x - 0.002297 * x^2)}$ | 0.883 |
| | ON-30(5) | $e^{(-2.01276 + 0.155193 * x - 0.001788 * x^2)}$ | 0.923 |
| | ON-30(6) | $e^{(-2.869055 + 0.1833615 * x - 0.001948 * x^2)}$ | 0.913 |
| | PSR | ON-C | $e^{(-4.057806 + 0.2308459 * x - 0.002418 * x^2)}$ |
| ON-30(1) | | $e^{(-3.283236 + 0.1870835 * x - 0.001918 * x^2)}$ | 0.840 |
| ON-30(4) | | $e^{(-6.132451 + 0.3522848 * x - 0.003884 * x^2)}$ | 0.861 |
| ON-30(5) | | $e^{(-6.465895 + 0.3601968 * x - 0.004025 * x^2)}$ | 0.966 |
| ON-30(6) | | $e^{(-7.29756 + 0.3844754 * x - 0.004052 * x^2)}$ | 0.904 |
| PSFR | | ON-C | $e^{(-8.421773 + 0.3917677 * x - 0.003478 * x^2)}$ |
| | ON-30(1) | $e^{(-11.00383 + 0.4869491 * x - 0.004318 * x^2)}$ | 0.998 |
| | ON-30(4) | $e^{(-17.79309 + 0.7588772 * x - 0.006973 * x^2)}$ | 0.999 |
| | ON-30(5) | $e^{(-16.35634 + 0.7223847 * x - 0.006783 * x^2)}$ | 0.999 |
| | ON-30(6) | $e^{(-17.76258 + 0.7740971 * x - 0.007182 * x^2)}$ | 0.999 |

Medias con letras distintas muestran diferencias significativas ($P < 0.01$). PST: Peso seco total (g). PSH: Peso seco de hojas (g). PSTA: Peso seco de tallos (g). PSR: Peso seco de ramas (g). PSFL: Peso seco de flores (g). PSFR: Peso seco de frutos (g).

aumento del peso seco, el cual puede estabilizarse o sufrir una disminución al final del ciclo.

Otros investigadores (1) encon-

traron que el período de máxima velocidad de incremento en peso seco de la planta entera estuvo entre los 55 y 62 días, correspondiendo al período

de mayor velocidad de crecimiento de los frutos, lo que coincide con los resultados obtenidos en este estudio en los que el máximo peso seco ocurrió a los 50 días al mismo tiempo que los valores más altos de peso seco de frutos, lo que se observa más adelante.

El peso seco total en este estudio no se presentó en el estado de madurez fisiológica (60 días), sino en estados anteriores, posiblemente debido a la abscisión de hojas y ramas durante la fase de senescencia (1, 5, 12, 14, 15).

Peso seco de hojas. La figura 2 muestra el efecto de la interacción edad x genotipo sobre el peso seco de las hojas.

A los 10 días de edad la diferencia en el peso seco de hojas para los cinco genotipos fueron pequeñas y el ON-30(6) mostró el mayor promedio (0.190 g).

A partir de los 20 días posterior a la emergencia de las plántulas todos

los genotipos experimentaron un incremento gradual de la variable en estudio, siendo el ON-30(4) el que tuvo los valores más altos desde los 50 días en adelante pero declinando al final del ciclo (60 días).

El ON-30(6) mostró un incremento acelerado en relación a los órganos foliares siendo muy marcado a los 40 días (15.217 g), fecha a partir de la cual disminuye alcanzando valores muy bajos al final del ciclo (1.899 g).

En la figura 2 se evidencia que todos los genotipos siguieron una tendencia similar durante el desarrollo de las hojas; al principio el aumento en la acumulación del peso seco fue progresivo, llegando a un máximo y disminuyendo posteriormente. Esta disminución coincidió con el inicio del desarrollo de los frutos, lo que sugiere una translocación de los carbohidratos desde los órganos de producción a los sitios de mayor demanda o que en

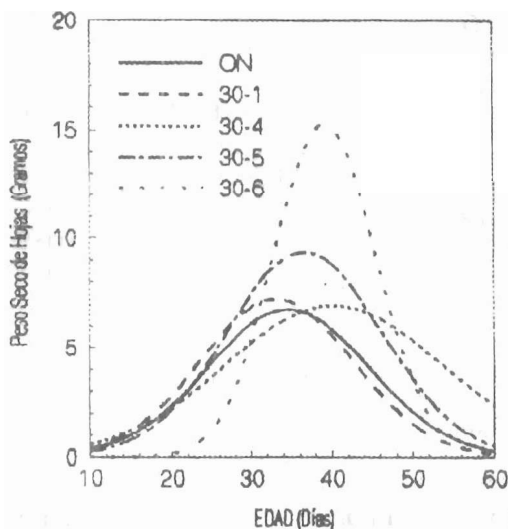


Figura 2. Variación del peso seco de hojas en cinco genotipos de frijol, *Vigna unguiculata* (L.) Walp

cultivos como el frijol todas las yemas vegetativas se transforman en reproductivas impidiendo el crecimiento vegetativo (3, 4).

Como se observa, el peso seco de las hojas aumenta rápidamente en los primeros estadios, ya que el crecimiento de la misma es acelerado al comienzo del desarrollo de la planta (5, 9, 11, 16). Así mismo, el crecimiento de las hojas continúa, aún después de la floración (6, 16).

Peso seco de tallos. El cambio en la acumulación de peso seco del tallo en relación al tiempo para los genotipos estudiados se muestra en la figura 3 ($P < .01$). Al inicio del ciclo, es decir a los 10 días de edad de la planta el crecimiento del tallo fue lento y el genotipo que mostró el valor más alto fue el ON-30(6) (0.065 g).

De los 20 días en adelante ocurrió un aumento acelerado en la acumulación del peso seco en dicho órgano

hasta llegar a una etapa donde los cinco genotipos expresaron su máximo potencial. Esta fase sucedió a los 40 días, excepto en el caso del ON-30(6) que alcanzó su valor más alto a los 60 días (3.458 g). Posterior a la etapa de gran crecimiento de los tallos ocurrió el proceso de senescencia, en el cual hubo un descenso del peso seco sin que hubiera una nueva regeneración que diera lugar a un aumento de dichos valores. El genotipo que expresó su menor potencial en todas las fechas de observación en relación a la variable en estudio fue el ON-30(4).

Los cambios de peso en función del tiempo manifiestan el crecimiento de una planta o de algunos de sus órganos (11), observándose un aumento progresivo del peso y posteriormente una disminución del mismo al final del ciclo (12). Esta disminución podría explicarse como una consecuencia de la movilización del material

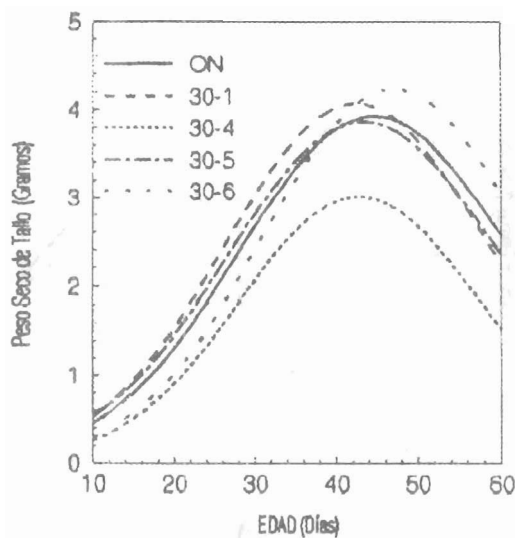


Figura 3. Variación del peso seco de tallos en cinco genotipos de frijol, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

fotosintetizado desde el tallo hacia los frutos (5). Así mismo, el análisis de los datos reveló que el peso seco de los tallos fue menor en la etapas de madurez fisiológica. Esto coincide con una evaluación en 8 variedades de soya, donde se encontró que luego de 45 días de la floración el peso seco de los tallos fue mayor en un 12% que en la madurez indicando una acumulación de carbohidratos solubles los cuales fueron translocados posteriormente para el desarrollo de la semilla (7).

Peso seco de ramas. Las curvas de crecimiento que expresan la acumulación de peso seco en función del tiempo, fueron estimadas para cada uno de los genotipos de frijol considerados en este estudio (figura 4).

No se formaron ramas durante los primeros 20 días de edad del cultivo. Aún cuando no fue posible precisar el momento de su aparición, a los 30 días se observó la presencia de ramas en

todos los genotipos y a los 40 días las plantas mostraron los valores más altos para esta variable.

El ON-30(4) fue el genotipo con la media más alta. Luego de este pico se produjo un descenso del peso seco el cual se prolongó hasta el final del ciclo donde el ON-30(6) presentó los valores más altos (5.081 y 3.866 g a los 50 y 60 días respectivamente). Al realizar el análisis de las curvas de crecimiento mostradas en la figura 4 se explica claramente el proceso de crecimiento por cuanto el mismo se manifiesta como un aumento progresivo en el peso en la medida en que avanza el tiempo; este aumento se ha producido debido a que las plantas desarrollan inicialmente sus órganos vegetativos. Posteriormente el peso seco de las ramas sufre un descenso que se extiende hasta el final del ciclo como resultado de la movilización de los nutrientes elaborados a los sitios de mayor demanda,

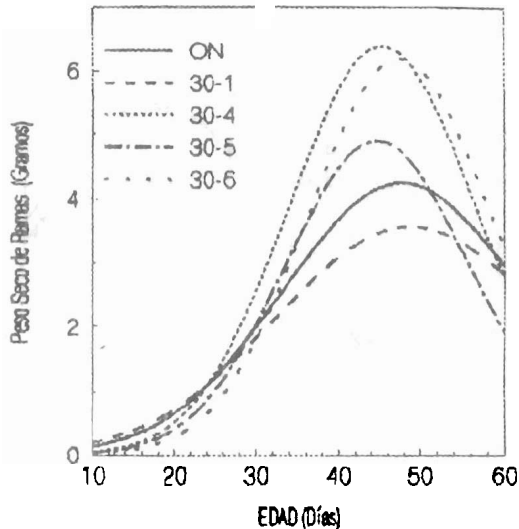


Figura 4. Variación del peso seco de ramas en cinco genotipos de frijol, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

es decir, para la formación de estructuras reproductivas.

Peso seco de flores. La variación del peso seco de las flores no fue representado mediante curvas por cuanto solo se hicieron observaciones a los 30 y 40 días; no obstante, el efecto de la interacción de genotipo x edad para esta variable fue altamente significativo ($P < 0.01$).

Los valores en peso seco alcanzado por las flores a los 30 días fueron superiores en comparación con los 40 días, excepto para el ON-30(4) y el ON-30(6), los cuales mostraron mayor ganancia de peso seco en las flores a los 40 días de edad (0.222 y 0.269 g, respectivamente).

Los genotipos que presentaron las medias más bajas durante el estudio fueron el ON-30(6) a los 30 días y el ON-30(5) a los 40 días (0.049 y 0.049 g, respectivamente).

Durante la fase inicial del ciclo

sólo se desarrollan órganos vegetativos en las plantas. Al inicio de la madurez, aparecen las flores y la demanda de nutrientes hacia estas estructuras reproductivas se hace mayor, lo que trae como consecuencia una disminución del crecimiento vegetativo.

La presencia de flores se observó a los 30 y 40 días; esto coincide con otras investigaciones en las que trabajando con *Phaseolus vulgaris* se encontró que el número de flores disminuyó gradualmente hasta su desaparición total (12).

Peso seco de frutos. La figura 5 muestra la tendencia del peso seco de los frutos en los cinco genotipos de frijol a través del ciclo. Las curvas de crecimiento, ajustadas mediante la función matemática exponencial polinómica de segundo grado (cuadro 2) representan la interacción del genotipo x edad sobre el comportamiento de la variable.

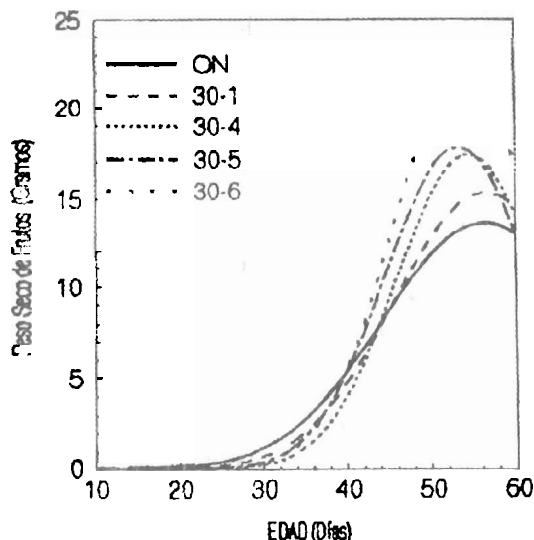


Figura 5. Variación del peso seco de frutos en cinco genotipos de frijol, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

Se observa la ausencia de frutos durante los primeros 20 días. A partir de los 30 días se evidenció la presencia de pequeñas vainas en proceso de formación. El peso seco de este órgano aumentó progresivamente hasta alcanzar un máximo a los 50 días para los genotipos ON-30(4), ON-30(5) y ON-30(6) y a los 60 días en el caso del ON-C y ON-30(1). A partir de los 40 días de edad el genotipo que mostró los valores más altos fue el ON-30(6).

El crecimiento del fruto implica el desarrollo coordinado de un gran número de tejidos. Dos eventos fisiológicos son considerados como determinantes principales en este proceso: la división celular antes de la antesis y la expansión celular después de la antesis.

Las primeras fases del desarrollo de la semilla consisten en un aumento en peso y tamaño de las mismas; posteriormente ocurre un endurecimiento de la semilla y finalmente tiene lugar una fase de hinchamiento y el crecimiento se incrementa en tamaño y peso. Esta fase constituye la madurez

del fruto (4). Por otra parte, el mayor peso alcanzado por los frutos coincidió con la etapa en la cual hubo un descenso en el peso seco de las hojas, ya que los nutrientes formados por la fotosíntesis son translocados a través del xilema y el floema a sitios de mayor demanda, lo que origina una competencia muy activa entre frutos en desarrollo, hojas y brotes por los carbohidratos disponibles. Las curvas de crecimiento de los frutos muestran un aumento de peso a medida que avanza el desarrollo de las plantas y al final del ciclo el mayor porcentaje de materia seca se encuentra en los frutos (5, 7, 12). Se ha reportado, además la importancia de los procesos de movilización de asimilados como contribuyentes al peso final de órganos como el fruto (11)

Las diferencias obtenidas en relación a las variables para los genotipos estudiados se muestran en el cuadro 2 ($P < .01$). Este comportamiento se debe probablemente a factores de tipo genético que origina un patrón de desarrollo específico de cada planta.

Conclusiones

1. Los resultados del crecimiento evidenciaron diferencias significativas ($P < .01$) en los valores de peso seco total y peso seco por órgano en relación a la edad, el genotipo y la interacción edad x genotipo, lo cual se atribuye al comportamiento de las plantas tanto fisiológico como genético.

2. Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que el peso seco constituye una variable

importante en la caracterización del crecimiento y desarrollo de las plantas de frijol a la vez que posibilita la diferenciación del comportamiento entre genotipos.

3. Los valores máximos de peso seco total y peso seco de fruto se alcanzaron a los 50 días mientras que el resto de las variables mostraron su mayor potencial durante la fase intermedia del ciclo (30 y 40 días).

4. El genotipo ON-30(6) obtuvo los máximos valores de peso seco total, peso seco de tallos, peso seco de ramas y peso seco de frutos al final del ciclo, lo que pudiera explicarse como un efecto de las mutaciones inducidas en estos materiales.

5. No fue posible representar la

curva de crecimiento del peso seco de flores. En consecuencia, se sugiere considerar para futuros estudios de crecimiento de frijol realizar los muestreos a intervalos más cortos con el fin de precisar detalladamente la ocurrencia de los distintos eventos fisiológicos de las plantas.

Literatura citada

1. Ascencio, J. y J.E. Fargas. 1972. Análisis del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad "Turrialba-4" cultivado en solución nutritiva. Turrialba. 23: 420-427.
2. Ascencio, J. y L. Sgambatti. 1975. Análisis del crecimiento en tres cultivares de caraotas venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L) cv. "Coche", cv. "Cubagua" y cv. "Tacarigua" en condiciones de campo. Rev. Fac. Agron. (UCV). 2: 125-147.
3. Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. AGT Editor S.A. México. 784 pp.
4. Coll, D.J.; G.N. Rodrigo; S. García y R. Sanchez. 1992. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide S.A Madrid, España. 662 pp.
5. Díaz, F. y J. Kohashi. 1982. Distribución de la materia seca en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L) bajo condiciones de campo. Turrialba. 32: 19-27.
6. Egli, D.B. and J.E. Leggett. 1973. Dry matter accumulation patterns in determinate and indeterminate soybeans. Crop Science. 13:227-230.
7. Hanway, J.J. and C.R. Weber. 1971. Dry matter accumulation in eight soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. Agron. J. 63: 227-230.
8. Higuera, A. 1991. Métodos de inoculación para la detección de germoplasma de frijol resistente a pudrición carbonosa del tallo (*Macrophomina phaseolina* Tassi (Goid)). Rev. Fac. Agron. (LUZ). 8: 73-85.
9. Koler, H.R., W.E. Nyquist and I.S. Chorosh. 1970. Growth analysis of the soybean community. Crop Science. 10: 407-412.
10. Littleton, E.J., M.D. Dennett., J.L. Monteith and J. Elston. 1979. The growth and development of cowpeas (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) under tropical fields conditions. Agron. J. 71: 309-320.
11. Marín, D. 1989. Análisis de crecimiento en *Cannavalia ensiformis* (L.) bajo condiciones de campo. Rev. Fac. Agron. (UCV). 15: 1-16.
12. Quintero, E. y A. Hernandez. 1983. Dinámica del crecimiento y desarrollo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) var. Cuba Cueto 25-9 en siembras tardías. Centro Agrícola 10: 3-15.
13. Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae -their use and abuse-. Crop Science. 7: 171-175.
14. Santelliz, G. y E.P. Mujica. 1991. Análisis del crecimiento de las variedades de soya cristalina DPA-2 (*Glycine max* (L) Merrill) en condiciones de campo. Bioagro. 3: 1-9.

15. Torres, W. 1988. Ajuste de curvas de crecimiento de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) por medio de diferentes funciones matemáticas. Cultivos Tropicales. 10: 74-81.
16. Valverde, E. y M.V. Saenz. 1985. Análisis de crecimiento del chayote (*Sechium edule* SW). Turrialba. 35: 395-402.