

Análisis del desarrollo foliar del cultivo del frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) variedad ojo negro y tres de sus mutantes en los alrededores de Maracaibo.¹

Analysis of foliar development of beans (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) ojo negro variety and three of its mutants at Maracaibo surrounding.

Norelys Rodríguez²
Lennys Mora²
Merylyn Marín³
Douglas Esparza⁴
Alonso del Villar⁴

Resumen

Con la finalidad de analizar el desarrollo foliar del cultivo del frijol var. ojo negro y tres mutantes de éste (ON-30(1), ON-30(5) y ON-30(6)), se condujo un ensayo utilizándose un diseño completamente aleatorizado con un arreglo de parcelas divididas. Se determinaron las variables peso de folíolos senescentes (PFS), área foliar senescente (AFS), peso de folíolos verdes (PFV) y área foliar verde (AFV). Para la variable PFS el análisis de varianza detectó diferencias significativas ($P < .01$) para la fuente de variación edad, mostrando que no hubo diferencias significativas entre los 49 y 56 días. El AFS sólo se presentó a los 49 días y el análisis de varianza no mostró significancia para genotipo. Para las variables PFV y AFV se detectaron diferencias significativas ($P < .01$) para la fuente de variación genotipo, edad y genotipo x edad, observándose para PFV que no hubo diferencias entre el ON-original, ON-30(5) y ON-30(6), así como a la edad de 35 y 42 días del ON-original. Para AFV, no hubo diferencias entre el ON-original y ON-30(1) ni entre ON-30(5) y ON-30(6), así como a los 28 y 35 días del ON-30(5) y ON-30(6).

Palabras claves: *Vigna unguiculata*, desarrollo, peso seco, área foliar.

Recibido el 29-03-95 • Aceptado el 26-01-96

1. Proyecto N° 1038-94 financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) de LUZ.

2. Ingeniero Agrónomo.

3. Departamento de Botánica y Agronomía. Facultad de Agronomía de LUZ. Apartado 15205, Maracaibo, ZU 4005, Venezuela.

4. Departamento de Estadística.

Abstract

An experiment was carried out to analyze the foliar development of Ojo Negro variety bean and its three mutants by using a split plot arrangement in a completely randomized design. Senescent folioles weight (PFS), senescent leaf area (AFS), green folioles weight (PFV) and green leaf area (AFV) were determined. The analysis of variance for PFS showed significant ($P < .01$) differences in age, detecting no significant differences between 49 and 56 days. The AFS appeared at 49 days and the analysis of variance didn't show differences for genotype. Significant differences ($P < .01$) were detected for PFV and AFV in genotype, age and genotype x age interaction, observing for PFV no differences between the original ON, ON-30(5) and ON-30(6) and also between 35 and 42 days of age and the original ON. There was no differences for AFV between the original ON and ON-30(5) and between ON-30(5) and ON-30(6), also, no differences were detected at 28 and 35 days between ON-30(5) and ON-30(6).

Key words: *Vigna unguiculata*, development, dry weight, leaf area

Introducción

Las leguminosas de grano comestible revisten singular importancia como fuente de proteína indispensable para la alimentación de los humanos y de los animales.

En el país, el frijol ocupa el segundo lugar de producción, dentro de las leguminosas de grano comestible, después de la caraota, en lo que se refiere a superficie cultivada y producción (7).

El frijol está adaptado a condiciones tropicales semiáridas requiriendo aproximadamente entre 300-400 mm de precipitación para su ciclo. Presenta períodos críticos en cuanto a requerimientos de agua, y una temperatura óptima para su desarrollo entre 25-28°C, es una planta típica de días cortos, sensible al fotoperíodo (7).

Debido a los altos rendimientos que actualmente se desea obtener del cultivo, y entre otros factores por la

capacidad genética de la planta para hacer uso de la energía solar y del N atmosférico, se ha despertado el interés por determinar las características potenciales de crecimiento y productividad de dicho cultivo. Entonces se hace necesario conocer su evolución a lo largo del ciclo de vida ya que las respuestas expresadas por la planta, son el producto de procesos fisiológicos que definen un determinado comportamiento (1).

El área y el peso foliar son dos de los parámetros más importantes en la evaluación del crecimiento de las plantas, de allí la importancia de su determinación para la interpretación de los procesos del desarrollo de un cultivo (3).

Al consultar la literatura existente sobre frijol se encontró poca información sobre el análisis de crecimiento foliar y eficiencia fotosin-

tética en este cultivo, por lo que se consideró justificado efectuar un trabajo de investigación con el objeto de conocer los parámetros que nos indiquen el desarrollo y crecimiento de la planta de frijol variedad Ojo Negro

y de 3 mutantes obtenidos por mutación inducida, aportando información sobre las potencialidades del cultivo, instrumento importante en los programas de mejoramiento.

Materiales y métodos

El ensayo fué conducido en la Granja Experimental "Ana María Campos" de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, bajo condiciones de bosque muy seco tropical con una temperatura promedio de 30°C, precipitación anual de 450-600 mm y una evaporación de 1650 mm (6). Los suelos son de textura franco arenosa a arenosa y estan clasificados según el sistema americano como un typic haplargids, familia francosa fina, con moderada fertilidad y pH ligeramente ácido (10).

El material en estudio corresponde al frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) Var. Ojo Negro y 3 mutantes señalados como ON-30(1), ON-30(5) y ON-30(6). Los mutantes de frijol fueron obtenidos por irradiación de semillas de la variedad original utilizando una fuente de rayos gamma de Co⁶⁰ (4).

Método de campo. El ensayo se llevó a cabo en cuatro parcelas, una para cada material, cada parcela con dimensiones de 6 m de ancho y 15 m de largo. La distancia de siembra utilizada fue de 0.5 m entre hileras y de 0.20 m entre plantas para un total de 900 plantas/parcela, cuya densidad de siembra fue de 100.000 plantas/ha.

Para el combate de malezas, se

aplicó al momento de la siembra Lazo+Afalón en una dosis de 2 L/ha y 1 kg/ha respectivamente. Se realizó además un control adicional con escardilla a los 30 días. No se aplicó fertilizantes debido al potencial de la planta para la fijación del nitrógeno atmosférico.

Se aplicó riego por aspersión 2 veces por semana, suspendiéndose aproximadamente a los 49 días del ciclo.

Las muestras consistieron en plantas enteras, que fueron tomadas cada 7 días, a partir de la germinación, cosechando 12 plantas por parcela, evitando plantas de bordura. En total se hicieron 7 muestreos o cosechas, ya que no se realizó la evaluación de los genotipos a los 21 días de edad.

Después de extraídas las plantas del suelo, cuidando que no se desprendiera ningún órgano, éstas fueron envueltas en papel húmedo y colocadas en bolsas plásticas para evitar la marchitez. Posteriormente fueron conducidas al laboratorio de fisiología vegetal de la Facultad de Agronomía de LUZ dentro de cavas portátiles refrigeradas. A cada planta se le determinó el peso seco y el área foliar en folíolos fotosin-

téticamente activos y senescentes. Para la determinación del área foliar se utilizó un medidor de área LI - 3000 A. Así mismo, para la determinación del peso seco, se separaron cada uno de los folíolos de las hojas, se colocaron en bolsas de papel e inmediatamente se secaron en la estufa a 70°C por 48 horas.

El diseño experimental utilizado fue un modelo completamente aleatorizado, con un arreglo de parcelas divididas, representando la parcela principal el genotipo y la secundaria la edad de la planta.

Para el procesamiento de la información experimental se utilizó el paquete de análisis estadístico SAS, (Statistical Analysis System),

efectuándose el análisis de la varianza mediante el Modelo Lineal General (GLM), y el procedimiento de media por el método de las medias mínimas cuadráticas (LSMEANS). La ecuación matemática empleada en el ajuste de curvas de crecimiento fue la exponencial polinómica de segundo grado, la cual se extrajo de Torres (11) y se describe a continuación:

$$Y = e^{(B_0 + B_1X + B_2X^2)}$$

Donde:

Y = Peso seco de folíolos o área foliar.

B = Parámetros de la función.

e = Constante matemática (2.71282).

X = Variable independiente (edad y genotipo).

Resultados y discusión

En los cuadros 1 y 2 se observa el comportamiento de los genotipos en estudio con respecto a las edades para las variables peso de folíolos senescentes (PFS) y área foliar senescente (AFS),

destacándose los valores mínimos y máximos, así como también la media general y la desviación estándar de cada uno.

Para las variables AFV y PFV el

Cuadro 1. Variación del peso seco de folíolos senescentes de cuatro genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) var. Ojo Negro con la edad.

Genotipo	Edad (d)	Mínimo (g)	Máximo (g)	Media ¹ (g)	Desv. Est.
ON-original	49	1.688	4.795	3.240 ^a	0.92
ON-original	56	0.419	3.382	1.600 ^b	0.92
ON-30(1)	49	1.661	5.469	2.812 ^{ab}	1.02
ON-30(1)	56	0.252	2.331	1.323 ^b	0.65
ON-30(5)	49	0.213	2.993	1.749 ^b	1.03
ON-30(5)	56	0.800	5.100	2.191 ^b	1.40
ON-30(6)	49	0.927	3.287	1.924 ^b	0.79
ON-30(6)	56	1.109	4.604	2.353 ^{ab}	1.22

1- Medias con letras diferentes difieren significativamente (P<.01).

análisis de la varianza detectó diferencias significativas ($P < .01$) para el genotipo, la edad y su interacción, mientras que el PFS presentó diferencias significativas ($P < .01$) sólo para la edad.

El análisis de la varianza para las variables AFS y PFS no detectó diferencias significativas para el genotipo, es decir, que los materiales estudiados presentaron un comportamiento similar en cuanto a estas características.

Peso de folíolos senescentes.

En la comparación de medias por el método de las medias mínimas cuadráticas, se encontraron diferencias significativas ($P < .01$) entre las edades, observándose el mayor valor promedio (2.432 g) a los 49 días y el menor valor promedio (1.867 g) a los 56 días.

En cuanto a la interacción genotipo x edad (cuadro 1), no se detectaron diferencias significativas entre el ON-30(1), ON-30(5) y ON-30(6) a los 49 y 56 días de edad, presentándose el mayor valor promedio (3.2405) a los 49 días en el ON-Original, y el menor valor promedio (1.3234) a los 56 días en el ON-30(1).

El coeficiente de variación para esta variable fue de 43.66%. Esta

variación puede deberse a la pérdida de hojas senescentes por parte de la planta antes de ser muestreadas para el análisis y a la imposibilidad de poder coleccionar todas esas hojas del suelo.

Area foliar senescente. Al realizar la comparación de medias para genotipo (cuadro 3) no se detectaron diferencias significativas, sin embargo, se observa que el genotipo ON-30(1) presenta el mayor valor promedio (877.269 cm²) y el ON-30(6) el menor valor promedio (604.852 cm²).

El coeficiente de variación para esta variable fue de 50.42%, lo cual pudiera ser la causa por la cual no se detectaron diferencias entre genotipos.

Peso de folíolos verdes. En la comparación de medias para genotipo (cuadro 3) se encontraron diferencias significativas ($P < .01$), detectándose dos grupos diferentes de medias, el grupo A con los genotipos ON-original, ON-30(5) y ON-30(6) y el grupo B conformado por el genotipo ON-30(1). El mayor valor promedio (4.993 g) lo presenta el genotipo ON-30(6) y el menor valor promedio (3.515 g) lo presenta el ON-30(1).

Para edad (cuadro 4) se observa que no existen diferencias significativas entre las edades 7 y 14 días,

Cuadro 2. Variación del área foliar senescente en cuatro genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) a los 49 días de edad.

Genotipo	Mínimo (cm ²)	Máximo (cm ²)	Media (cm ²)	Desv. est.
ON-original	475.85	1000.54	721.77	178.48
ON-30(1)	412.69	1352.78	877.27	265.08
ON-30(5)	46.21	2071.01	639.11	547.84
ON-30(6)	257.84	1373.81	604.85	333.83

Cuadro 3. Comparación de medias del peso de folíolos senescentes (PFS), área foliar senescente (AFS), peso foliar verde (PFV) y área foliar verde (AFV) por el método de las medias mínimas cuadráticas (LSMEANS) entre genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) var Ojo Negro.¹

Genotipo	PFS (g)	AFS (g)	PFV (g)	AFV (cm ²)
ON-original	2.420 ^a	721.769 ^a	4.437 ^a	1072.825 ^b
ON-30(1)	2.068 ^a	877.269 ^a	3.515 ^b	1065.634 ^b
ON-30(5)	1.971 ^a	639.112 ^a	4.774 ^a	1260.357 ^a
ON-30(6)	2.139 ^a	604.852 ^a	4.993 ^a	1248.911 ^a

1- Medias con letras diferentes difieren significativamente (P<.01).

pero sí existen diferencias (P<.01) entre estas 2 edades con respecto a las demás, presentando la edad 42 días el mayor valor promedio (9.123 g) y la edad 7 días el menor valor (0.200 g).

Para la interacción genotipo x edad, en los resultados obtenidos de las pruebas de medias se observa que no existen diferencias significativas entre las edades 35 y 42 días del material original, existiendo diferencias (P<.01) entre estas dos con respecto a las demás combinaciones, presentando el genotipo

ON-30(6) a los 42 días de edad el máximo valor promedio (9.730 g), y el genotipo ON-original el menor valor promedio (0.1859 g) a los 7 días de edad (figura 1).

Las curvas de crecimiento de los diferentes genotipos de frijol para las variables PFV y AFV, 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. Comparación de medias del peso foliar verde (PFV) y área foliar verde (AFV) por el método de las medias mínimas cuadráticas (LSMEANS) para la fuente de variación edad en genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) var. Ojo Negro.¹

Edad (días)	PFV (g)	AFV (cm ²)
7	0.200 ^e	59.861 ^e
14	0.612 ^e	175.256 ^e
28	5.181 ^c	1549.557 ^c
35	7.596 ^b	1825.674 ^b
42	9.123 ^a	2330.135 ^a
49	3.869 ^d	1031.106 ^d

1. Medias con letras diferentes difieren significativamente (P<.01).

Cuadro 5. Funciones matemáticas utilizadas en el ajuste de las curvas de crecimiento de los cuatro genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) var. Ojo Negro.

Variable	Genotipo	Función ¹	R ²
PFV	Original	$e^{(-10.1721 + 0.6485x - 0.084x^2)}$	0.986
	ON-30(1)	$e^{(-9.8433 + 0.6277x - 0.0082x^2)}$	0.870
	ON-30(5)	$e^{(-3.7643 + 0.3005x - 0.0038x^2)}$	0.987
	ON-30(6)	$e^{(-4.9241 + 0.3820x - 0.0050x^2)}$	0.973
AFV	Original	$e^{(-4.4759 + 0.6576x - 0.0082x^2)}$	0.932
	ON-30(1)	$e^{(0.1212 + 0.3889x - 0.0050x^2)}$	0.903
	ON-30(5)	$e^{(2.7291 + 0.2404x - 0.0030x^2)}$	0.960
	ON-30(6)	$e^{(2.2684 + 0.2970x - 0.0040x^2)}$	0.940

1: Función matemática $Y = e^{(B_0 + B_1x - B_2x^2)}$

PFV: Peso foliar verde.

AFV: Area foliar verde.

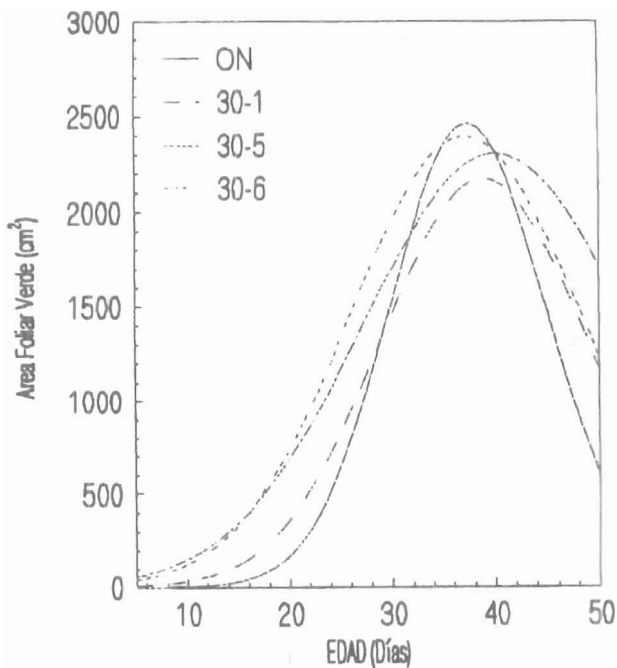


Figura 1. Variación del peso foliar verde en cuatro genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp.).

En la figura 1 se muestra la curva de crecimiento de las hojas en función de la edad de cada uno de los genotipos, de los cuales, los genotipos ON-30(1), ON-30(5) y ON-30(6) mostraron igual comportamiento en cuanto a esta variable, esta es la tendencia general en desarrollo de plantas (9).

El período de máxima producción de folíolos en las plantas estuvo entre 14 y 28 días para los genotipos ON-30(1), ON-30(5) y ON-30(6), manteniendo el ON-30(6) el mayor peso de folíolos, mientras que para el ON-original la máxima de producción se prolonga hasta los 35 días, esto es por que el establecimiento del área foliar es indispensable para el desarrollo de

la planta (12).

La tasa de incremento en peso seco se mostró lento en el período 28 a 42 días, coincidiendo esto con el período de floración y fructificación de los cultivos, esto es por la remoción de los nutrientes hacia los procesos mencionados y al proceso natural de senescencia de las hojas, además de que los órganos reproductivos producen sustancias inhibitoras del crecimiento. Los valores máximos de peso seco de folíolos verdes lo alcanzaron las plantas a los 42 días, el genotipo que presenta el valor más alto es el ON-30(6), con 9.730 g y el valor mínimo lo presenta el ON-30(1) con 8.322 g estos valores coinciden con el inicio del crecimiento activo de los frutos.

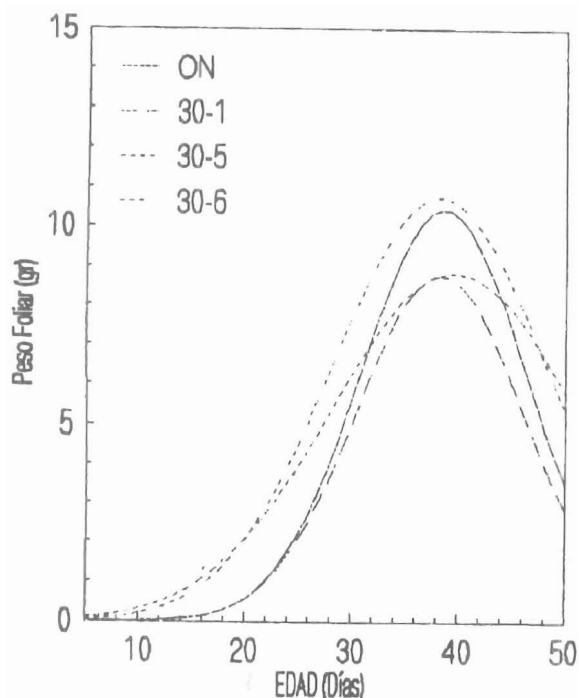


Figura 2. Variación del área foliar verde en cuatro genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp)

Area foliar verde. Al realizar la comparación de medias para genotipo (cuadro 3) se detectaron diferencias significativas ($P < .01$) encontrándose 2 grupos diferentes de medias, el grupo A con los genotipos ON-original y ON-30(1), y el grupo B con los genotipos ON-30(5) y ON-30(6). El mayor valor promedio (1260.357 cm^2) lo presenta el ON-30(5) y el menor valor (1065.634 cm^2) lo presenta el ON-30(1).

Para edad (cuadro 4) se observa que a los 42 días existe el mayor valor promedio (2330.135 cm^2) y el menor valor promedio (59.861 cm^2) a los 7 días, no existiendo diferencias significativas entre los 7 y 14 días, pero sí ($P < .01$) entre éstos con respecto a las demás edades.

Para la interacción genotipo x edad se detectaron diferencias significativas ($P < .01$) entre las edades 28 y 35 días del ON-30(5) y ON-30(6), presentando a la edad de 42 días del ON-original el mayor valor promedio (2369.55 cm^2) y la edad de 14 días del ON-30(1) el menor valor promedio (56.55 cm^2).

En la figura 2 se observa el desarrollo del área foliar por genotipo, mostrando igual comportamiento los genotipos ON-30(1), ON-30(5) y ON-30(6), manteniendo la mayor área foliar el ON-30(6), y el menor valor el ON-30(1). El área foliar máxima para los 4 materiales se alcanzó a los 42 días, edad en la cual se alcanzó el mayor peso de folíolos verdes, coincidiendo con

Vega y colaboradores (16) y Ascencio (3), quienes encontraron una correlación positiva entre el área foliar y peso seco de las hojas, lo cual es un indicativo de que el mayor área foliar corresponde a peso de hoja elevado.

A partir de los 14 días, los cultivares ON-30(1), ON-30(5) y ON-30(6) presentan un crecimiento rápido de la superficie foliar, lo que significa que la producción de hojas constituye el principal proceso de desarrollo de la planta (2). Es a partir de los 28 días que las plantas presentan una disminución en el crecimiento de la superficie foliar que corresponde con el período de formación de flores, los factores de crecimiento son utilizados en la formación de flores, esto coincide con los resultados obtenidos por Chirinos *et al.* (5) y Valverde y Sáenz (12); además, Greulach y Adams (8) refieren que al entrar la planta de tomate en su fase reproductiva, el desarrollo vegetativo disminuye.

El genotipo ON-original presenta un aumento acelerado de la superficie foliar desde los 14 días y así se mantiene hasta alcanzar los 35 días de edad, a partir de la cual se ve afectado el aumento del área foliar.

Al final del ciclo la curva cae bruscamente para todos los materiales como consecuencia de la muerte y senescencia de las hojas y de la no producción de nuevas hojas compensadoras de esta pérdida (2), ya que éste por ser un cultivo anual, se esce después de la fase reproductiva.

Conclusiones

La comparación de estos genotipos demostró que los mutantes ON-30(5) y ON-30(6) superan a la variedad original en cuanto a las variables estudiadas, esto indica que hubo un cambio genético en dichos materiales.

Para la variable peso de folíolos verdes el genotipo ON-30(6) fue el que presentó el mayor valor con 4.9930 g,

seguido del ON-30(5) con 4.7740 g y luego del ON-original con 4.437g.

Para la variable área foliar verde, el genotipo ON-30(5) fue el que presentó el mayor valor con 1260.357 cm, seguido del ON-30(6) con 1248.911 cm y luego del ON-original con 1072.825 cm.

Agradecimiento

Los autores desean expresar su reconocimiento a Heberto Ferrer, Belkis Bracho, Medardo Medina, José Jimenez y Jhon Mora quienes con su

valiosa y desinteresada participación facilitaron la ejecución del presente trabajo.

Literatura citada

1. Ascencio, J. y J. Fargas, 1973. Análisis del crecimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. Turrialba-4), cultivado en solución nutritiva. Turrialba. 23(4):420-428.
2. Ascencio, J y L. Sgambatti. 1975. Analisis del crecimiento de 3 cultivares de caraotas venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Coche, cv. Cubagua, cv. Tacarigua), en condiciones de campo. Agronomía Tropical. 25(2):125-147.
3. Ascencio, J. 1985. Determinación del área foliar en plantas de caraotas (*Phaseolus vulgaris* L), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), y batata (*Ipomoea batatas* (L) Poir). Utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas Turrialba. 35(1):55-64.
4. Avila, R. and B. R. Murty 1984. Mutational rectification of local cultivar of cowpea and mungbean for plant type productivity International Atomic Energy Agency Vienna, TECDOC 305: 235-251.
5. Chirinos, D., F. Geraud, M. Marín, G. Rivero, J. Vergara, J. Moyeda, L. Mármol y A. Atencio. 1993. Desarrollo de la planta de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill er) cv. Río Grande, en la zona del Río Limón del Estado Zulia, Venezuela. I Altura de planta, peso fresco, peso seco, número de ramificaciones, hojas, flores y frutos. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 10:311-324.
6. Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. COPLANARH. 1968. Inventario Nacional de Tierras. Región del Lago de Maracaibo. Venezuela. Publicación 34 y 29.
7. FONAIAP. 1988. El cultivo del frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Paquete tecnológico N 5. Maracay. p. 9-20.
8. Greulach, V. y J. E. Adams. 1980. Las plantas, introducción a la botánica moderna. Edit. Limusa. pp. 349 - 350.

9. Milthorpe, F. L. y J. Moorby. 1982. Introducción a la fisiología vegetal de los cultivos. Edit. Hemisferio Sur.
10. Peters, W., N. Noguera, G. Materano y G. Romero. 1983. Estudio detallado de suelos de la Granja Experimental "Ana María Campos" de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo.
11. Torres, W. 1988. Ajustes de curvas de crecimiento de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.), por medio de diferentes funciones matemáticas.
12. Valverde, E. y M. V. Saenz. 1985. Análisis del crecimiento del chayote (*Sechium edule* Sw). Turrialba. 35(4):395-402.
- 16- Vega, P. C., M. G. Antoni y M. D. Zerpa. 1980. Estudio de algunas características Agronómicas en un compuesto de alfalfa (Maracay) sometido a selección natural. IV. Efecto sobre el área foliar y sus relaciones con otros componentes del rendimiento de forraje. Rev. Fac. Agron. (Maracay), XI(1-4): 273-281.