

Caracterización y obtención de funciones para producción de biomasa en cinco cultivares de frijol yorimón: I. Método destructivo

Development and characterization of biomass production functions in cowpea cultivars: I. Destructive method

Narciso Ysac Ávila-Serrano^a, Bernardo Murillo-Amador^a, Alejandro Palacios-Espinosa^b, Enrique Troyo-Diéguez^a, José Luís García-Hernández^a, Juan Ángel Larrinaga-Mayoral^a, Miguel Mellado-Bosque^c

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar, evaluar variables determinantes de biomasa y de obtener funciones para producción de biomasa en estadio prefloración y utilizando método destructivo en cinco cultivares de frijol yorimón, se realizó este trabajo en el valle del Carrizal, municipio de La Paz, Baja California Sur, México. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El análisis de los datos se realizó mediante métodos canónicos multivariados para efecto de caracterización, correlación y regresión lineal y múltiple para la generación de funciones de producción de materia verde (PMV) y producción de materia seca (PMS), análisis de varianza y comparaciones de medias (Tukey $P=0.05$) para todas las variables medidas. Los resultados mostraron diferencias significativas entre cultivares para la mayoría de las variables ($P<0.05$), a excepción de PMV, mismo caso se presentó en todas las variables por efecto de bloques. La mejor función de PMV se obtuvo en el cultivar 23 (IT91K-118-20) con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.94, mientras que para PMS se obtuvo en los cultivares 18 (IT90K-277-2) y 1 (Paceño) con un R^2 de 0.91, siendo altura de planta, área foliar, número de ramificaciones primarias, número de ramificaciones secundarias, longitud de raíz, peso fresco de raíz, peso seco de raíz y número de nódulos las variables incluidas en las funciones de PMV y PMS. Se concluye que en prefloración, la variable que interviene de manera consistente en las funciones de los cultivares evaluados para producción de materia verde y materia seca es área foliar.

PALABRAS CLAVE: *Vigna unguiculata*, Biomasa, Prefloración, Función, Multivariado.

ABSTRACT

Five cowpea cultivars were assessed to obtain biomass production functions using a destructive method. The study was carried out in the Carrizal valley in La Paz, Baja California Sur, México (23° 20' 47" LN and 110° 16' 14" LW). The experimental design was a completely randomized block with four replications. Data were analyzed by canonical multivariate methods for characterization, while correlation and multiple linear regression were carried out for generation of production functions of green (GMP) and dry matter (DMP), and variance analysis and means comparison (Tukey $P=0.05$) were performed for all variables. Most variables, except GMP, showed significant differences between cultivars ($P<0.05$). Similar results were observed for all variables due to block effect. The best GMP function was obtained in cultivar 23 (IT91K-118-20) with a determination coefficient (R^2) of 0.94, while a statistically significant function for DMP was obtained in cultivars 18 (IT90K-277-2) and 1 (Paceño) with a R^2 of 0.91, being plant height, leaf area, number of primary branches, number of secondary branches, root length, root fresh weight, root dry weight and number of nodules the variables included in the GMP and DMP functions. As a conclusion, for the pre-flowering stage, leaf area (LA) is the variable with a consistent role in green and dry matter production.

KEY WORDS: *Vigna unguiculata*, Cultivars, Multivariate analysis, Biomass function.

^a Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Mar Bermejo No. 195 Colonia Playa Palo de Santa Rita. 23090 La Paz, Baja California Sur, México. Tel. (612)123-84-84 Ext. 3440. Fax (612)123-85-35. bmurillo04@cibnor.mx. Correspondencia al 2° autor.

^b Área Interdisciplinaria de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Baja California Sur.

^c Departamento de Nutrición Animal. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

El frijol yorimón, cowpea o chícharo de vaca, es una leguminosa importante como fuente de proteína, de interés tanto en la alimentación del humano como de animales⁽¹⁾, presenta características para su adaptación a las condiciones de las zonas áridas^(2,3,4,5,6) donde se diversifica su uso; entre ellos el control de malezas⁽⁷⁾, abono verde, especialmente como alternativa para productores orgánicos, ya que incorporado al suelo cuando aún esta verde, mejora la fertilidad y calidad de éste^(8,9,10). El chícharo de vaca en asociación con maíz funciona para ensilaje y con el pasto Sudán para henificarse, incrementando con ello los rendimientos de forraje fresco o seco^(10,11,12). La semilla y la paja se utilizan también para alimentar toda clase de ganado. El heno de chícharo de vaca es un excelente pienso para el ganado; si se pica y humedece, es también adecuado para las aves de corral. Para las cerdas de vientre se obtienen buenos resultados mezclándolo con maíz molido^(11,13).

Una de las características importantes que posee esta leguminosa, es la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo, evitando de esta forma la erosión del mismo, mejorando su estructura, aumentando su actividad biológica y disminuyendo la filtración y pérdida de nutrientes^(10,14), la cual es a través de la simbiosis Rhizobium-leguminosa, aún cuando esta asociación puede estar influenciada por el tipo de cepa, el estado nutricional de la planta, así como el nivel de nutrientes en el suelo^(14,15). La formación de nódulos (engrosamientos o hinchazones de las raíces de las leguminosas y algunas otras plantas habitadas por bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno) en raíz de las plantas de frijol yorimón, es la respuesta positiva a la eficiencia de la simbiosis entre las bacterias (cepa específica presente en el suelo o mediante una cepa específica inoculada) y las plantas. Sin embargo, no todas las cepas de *Rhizobium* son capaces de producir una fijación efectiva en todas las leguminosas y pueden mostrar diferentes habilidades para nodular; por lo que, mientras mayor sea la producción de nódulos a través de esta simbiosis, se hará un mayor uso del nitrógeno atmosférico presente en el suelo, y esto influirá en la producción de biomasa (materia verde y seca) y producción de grano⁽¹⁰⁾.

Cowpea, is a legume of importance as a protein source for both humans and animals⁽¹⁾, which shows great adaptability to arid conditions^(2,3,4,5,6) and multiple uses as weed control⁽⁷⁾, green manure, especially for organic producers, because when incorporated as green material improves soil fertility and quality^(8,9,10). It can also be used for silage in association with maize or for hay in association with Sudangrass, thus increasing fresh or dry forage yield^(10,11,12). Seeds and foliage are used to feed all kinds of cattle. Cowpea hay is excellent for feeding cattle, if minced and moistened can be used for feeding poultry, and added to ground maize can be fed to sows with good results^(11,13).

One of its main characteristics is its ability to fix nitrogen, thus improving soil fertility, structure and, biological activity, reducing percolation and nutrient loss and contributing to control soil erosion^(10,14). It allows the biological fixation of nitrogen through a Rhizobium-legume symbiosis, which can be affected by plant nutritional level, Rhizobium strain and soil nutrient level^(14,15). Nodule formation in cowpea roots is a positive response to efficiency of symbiosis between bacteria (native or inoculated) and plant. However, not all Rhizobium strains are capable of fixing nitrogen in all legumes and can show different nodulation capacity. Anyway, a greater number of nodules means a greater amount of nitrogen fixed which influences biomass (green and dry matter) and grain production⁽¹⁰⁾.

The present study was carried out between March and July 2002 in CEPROVEG, at the Carrizal Valley in Baja California Sur, Mexico at 23° 20' 47" N and 110° 16' 14" W. Climate is characterized as a dry desertic one BW BS according to Köppen, with 33.9 °C maximum, 10.7 °C minimum and 22 °C average temperature, 221 mm average annual rainfall, mostly in summer. Soils are alluvial, flat, deep, well drained, loamy with 6.6 to 7.5 pH, non saline and low in organic matter, calcium, nitrogen and magnesium, high in phosphorous and free of pebbles in its surface. The experiment was carried out with drip irrigation, using good quality water (C2 S1 Wilcox).

Cowpea cultivars used were: 1 (Paceño), 4 (Cuarenteño), 18 (IT90K-277-2), 23 (IT91K-118-

El área foliar y la producción de biomasa (materia verde y seca) son variables importantes en la evaluación del rendimiento de las plantas, de ahí la importancia de su determinación y del conocimiento de los factores que las afectan para la interpretación de los procesos de crecimiento y desarrollo de un cultivo^(8,9,14,16).

De acuerdo con lo anterior y en las condiciones de aridez que prevalecen en Baja California Sur, México; se desarrolló el presente trabajo con el objetivo de caracterizar, evaluar la producción forrajera de cultivares de frijol yorimón en la etapa fenológica de prefloración, determinando la producción de biomasa vegetal o materia verde y seca.

El presente trabajo se realizó de marzo a julio de 2002 en el campo del centro de propagación vegetativa (CEPROVEG), propiedad del Gobierno del Estado de Baja California Sur, ubicado en el Valle del Carrizal, a 23° 20' 47''N y 110° 16' 14'' O. El clima de la región es de tipo BW y BS, desértico y seco según la clasificación de Köppen, con temperatura máxima de 33.9 °C, mínima de 10.7 °C y media de 22 °C. La precipitación se presenta estacionalmente en verano e invierno, siendo la de mayor volumen de julio a septiembre y representando 221 mm anuales. El tipo de suelo dominante es aluvial de origen secundario, topografía plana, profundo, buen drenaje, textura franca con pH neutro de 6.85 (6.6 a 7.5), no salino, pobre en materia orgánica, niveles bajos en calcio, nitrógeno y magnesio, nivel alto en fósforo y libre de pedregosidad superficial. El experimento se realizó en condiciones de riego por goteo, con agua de calidad C2 S1 Wilcox (buena calidad).

Los cultivares de frijol yorimón utilizados fueron: cultivar 1 (Paceño), cultivar 4 (Cuarenteño), cultivar 18 (IT90K-277-2), cultivar 25 (Sesenteño) y cultivar 23 (IT91K-118-20). La siembra se realizó a 10 cm de distancia entre plantas (120,000 plantas ha⁻¹) y los muestreos de los cultivares se realizaron en el mes de mayo de 2002.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde la unidad experimental estuvo representada por ocho surcos de 7 m de largo y 0.8 m de ancho.

20) and 25 (Sesenteño). Planting density was 120,000 pl ha⁻¹; cultivars were sampled in May. A completely randomized block design with four replications was used, with the experimental unit made out of 8 furrows 7 m long and 0.8 m wide each one.

The variables assessed in pre-flowering phenological stage were green matter production (GMP), dry matter production (DMP), plant height (PH), leaf area (LA), number of leaves per plant (NLP), number of primary branches (NPB), secondary branches (NSB), root length (RL), fresh root weight (FRW), dry root weight (DRW), nodule number (NN), nodule weight (NW), and nodule diameter (ND). The following devices were used, an HF-6000G precision scale for weighting, a flex meter for height, a General 143 digital caliper for stem diameter, and a Li-Cor 3000A portable meter for determining leaf area.

Canonical multivariate analysis was used to determine variables which best characterize each one of the cultivars studied^(17,18,19,20).

Simple linear regression was used to generate biomass production functions and multiple regression for whole plant variables, GMP, DMP, PH, LA, NLP, NPB, NSB, RL, FRW, DRW, NN, NW and ND, being DMP and GMP per plant the dependent variables, to be used also with the rest independent variables. Means comparison for all variables were carried out through Tukey's test ($P=0.05$)⁽¹⁷⁾.

Biomass production

Cowpea cultivars showed significant differences ($P<0.05$) among them for most of the biomass production variables (DMP, PH, LA, NLP, NPB, NSB, PFR, PSR and DT), with the exception of GMP which did not show significant differences either among cultivars or blocks. Cultivars 4 and 25 showed the highest averages for this variable, with values of 94.67 and 91.18 g pl⁻¹, respectively, and cultivar 4 the highest DMP, 19.51 g pl⁻¹ (Table 1); these results are similar to those found by other authors^(21,22,23) which confirm the variability between cultivars for different characteristics

Cuadro 1. Variables determinantes de la producción de biomasa de frijol yorimón [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] Media±EETable 1. Determinant variables for biomass production in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] Mean±SE

	Cultivar 1	Cultivar 4	Cultivar 18	Cultivar 23	Cultivar 25
Fresh matter production, g	70.7±37.6 ^a	94.6±35.4 ^a	84.6±51.8 ^a	86.8±38.9 ^a	91.1±44.1 ^a
Dry matter production, g	15.0±7.4 ^{ab}	19.5±7.2 ^a	10.9±7.8 ^b	13.9±5.9 ^{ab}	14.3±7.0 ^{ab}
Plant height, cm	36.3 ±6.5 ^{ab}	41.9±6.8 ^a	33.6±8.3 ^b	42.4±7.9 ^a	34.6±5.0 ^b
Leaf area, cm ²	703.3±375.1 ^b	1270.6±418.7 ^a	950.8±479.3 ^{ab}	925.8±289.4 ^{ab}	1190.7±572.5 ^a
Leaf number	14.0±6.0 ^{bc}	19.0±6.0 ^{ab}	22.0±10.0 ^a	8.0±2.0 ^c	17.0±7.0 ^{ab}
Primary branches	9.0±4.0 ^{bc}	12.0±2.0 ^a	10.0±3.0 ^{ab}	10.0±2.0 ^{ab}	7.0±3.0 ^c
Secondary branches	5.0±5.0 ^b	7.0±4.0 ^b	15.0±8.0 ^a	1.0±2.0 ^b	8.0±6.0 ^b
Root length, cm	24.4±4.0 ^b	31.1±9.0 ^a	33.7±6.0 ^a	28.4±3.7 ^{ab}	32.9±6.0 ^a
Fresh root weight, g	4.0±2.0 ^b	4.3±1.1 ^b	6.7±3.1 ^a	7.2±2.5 ^a	6.7±2.3 ^a
Dry root weight, g	0.9±0.7 ^c	1.2±0.4 ^{bc}	1.8±0.8 ^b	2.5±0.7 ^a	1.4±0.6 ^{bc}
Nodule number	7.0±6.0 ^c	20.0±15.0 ^b	23.0±11.0 ^b	13.0±7.0 ^{bc}	41.0±23.0 ^a
Nodule weight, g	0.4±0.4 ^c	1.0±0.9 ^{ab}	1.1±0.6 ^a	0.4±0.3 ^{bc}	1.2±0.8 ^a
Nodule diameter, mm	3.2±1.6 ^{bc}	4.7±1.1 ^a	3.7±0.7 ^{bc}	2.9±0.8 ^c	4.1±0.8 ^{ab}

^{abc} Means in the same row followed by a different letter indicate significant differences ($P<0.05$).

Las variables evaluadas en el estudio en la etapa fenológica de prefloración fueron producción de materia verde (PMV), producción de materia seca (PMS), altura de planta (AP), área foliar (AF), número de hojas por planta (NHP), número de ramificaciones primarias (NRP), número de ramificaciones secundarias (NRS), longitud de raíz (LR), peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), número de nódulos (NN), peso de nódulos (PN) y diámetro de nódulos (DN). El peso se registró en una balanza de precisión (Marca AND, modelo HF-6000G con capacidad 6100 g); la medición de altura con un flexómetro, el diámetro de tallo con un vernier digital (General, No. 143, General Tools, Manufacturing Co., Inc. New York, USA) y el área foliar con un medidor portátil (Li-Cor Modelo 3000A, Li-Cor Lincoln, Nebraska, USA).

La determinación de las variables que caracterizan a cada uno de los cultivares utilizados en el presente estudio, se realizó mediante un análisis multivariado canónico (17,18,19,20). Para generar las funciones de producción de biomasa, se utilizó análisis de regresión lineal simple y múltiple para las variables de la planta completa (raíz y parte aérea), tales

descriptores de biomasa, mainly PH, LA, NLP, NPB, NSB, FRW, DRW and NN.

Plant height showed significant differences among cultivars ($P<0.05$); for this variable cultivars 23 and 4 presented the higher averages (Table 1). This characteristic helps to explain their growth habits, being cultivars 18 and 25 indeterminate, while 1, 4 and 23 determinate. This variable contributes significantly to cowpea genetic diversity(24,25,26,27).

Leaf area showed significant differences among cultivars ($P<0.05$); in this case, cultivars 4 and 25 evidenced the highest values, 1270.60 and 1190.70 sq cm respectively, indicating that these cultivars showed a combination of less leaves of greater size than the other cultivars. For some of these features similar results were obtained in other studies in which significant differences due to age were found(28,29), but not to cultivars, suggesting that significant differences found in the present study due to cultivars, help to explain genetic differences between cultivars for this variable. Correlation between leaf area and leaves per plant, which also showed significant differences, was

PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN CULTIVARES DE FRIJOL YORIMÓN

como: PMV, PMS, AP, AF, NHP, NRP, NRS, LR, PFR, PSR, NN, PN y DN; teniendo a PMV y PMS por planta como las variables dependientes, y al resto de las variables como independientes. Un análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P=0.05$) se utilizó para todas las variables medidas⁽¹⁷⁾.

Producción de biomasa y correlaciones

Los cultivares de frijol yorimón mostraron diferencias significativas ($P<0.05$) entre cultivares en la mayoría de las variables de producción de biomasa medidas (AF, PMS, AP, NHP, DT, PFT, PST, NRP, NRS), excluyendo a PMV, la cual no mostró diferencias significativas entre cultivares y entre bloques, donde los cultivares 4 y 25 mostraron los promedios mayores para la variable PMV, con 94.67 y 91.18 g por planta y el cultivar 4 para PMS con 19.51 g (Cuadro 1), encontrando resultados similares al de otros investigadores^(21,22,23), que muestran la variabilidad presentada entre los cultivares en las diferentes características

positive ($R^2=0.76$), suggesting a higher number of leaves for a greater leaf area and vice versa.

For the rest of the variables showing significant differences, cultivar 4 showed the highest values for NPB and ND, cultivar 18 for NSB and RL, cultivar 25 for NN and NW and cultivar 23 for FRW and DRW (Table 1). Results were similar as the remaining variables studied showed great variability among cultivars and similar to those found by other authors^(24,25,26,27,30) which confirm a great variability between cowpea cultivars.

Taking into account the five cultivars, GMP showed positive and significant correlation with most of the other assessed variables, r oscillated between 0.37 and 0.89, except for RL, NN and ND (Table 2). The highest r values were observed for LA, FRW and NLP, 0.86, 0.68 and 0.65 respectively while the lowest was for NPB, 0.37. Similar results were found for DMP, differing with GMP as no correlation was found for NW, $r=0.17$, and also positive but low for ND, with $r=0.27$. Leaf area

Cuadro 2. Correlaciones entre las variables determinantes de la producción de biomasa (materia seca y verde) en cinco cultivares de frijol yorimón [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

Table 2. Correlations among determinant variables for biomass production (fresh and dry) in five cowpea cultivars [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

	DMP	PA	LA	NLP	NPB	NSB	RL	FRN	DRW	NN	NP	ND
GMP	0.89*	0.54*	0.86*	0.65*	0.37*	0.55*	0.17NS	0.68 *	0.57*	0.18NS	0.26*	0.19NS
DMP	1.00	0.57*	0.83*	0.59*	0.48*	0.40*	-0.01NS	0.45*	0.37*	0.06NS	0.17NS	0.27*
PH		1.00	0.37*	0.09NS	0.29*	-0.02NS	-0.08NS	0.27*	0.37*	-0.12NS	-0.06NS	0.13NS
LA			1.00	0.76*	0.46*	0.57*	0.24*	0.59*	0.45*	0.36*	0.44*	0.30*
NLP				1.00	0.43*	0.85*	0.28*	0.45*	0.21*	0.31*	0.47*	0.32*
NPB					1.00	0.14NS	0.05NS	0.16NS	0.26*	0.04NS	0.27*	0.18NS
NSB						1.00	0.31*	0.45 *	0.22*	0.25*	0.37*	0.17NS
RL							1.00	0.36*	0.24*	0.48*	0.44*	0.29*
FRW								1.00	0.85*	0.39*	0.33*	-0.01NS
DRW									1.00	0.19NS	0.15NS	-0.06NS
NN										1.00	0.77*	0.24*
NW											1.00	0.28*
ND												1.00

GMP =green matter production; DMP =dry matter production; PH =plant height; LA =leaf area; LN =leaf number; LFW =leaf fresh weight; LDW =leaf dry weight; SD =stem diameter; PB =primary branches; SB =secondary branches; RL =root length; FRW =fresh root weight; DRW =dry root weight; NN =nodule number; NW =nodule weight, ND =nodule diameter.

* ($P<0.05$) ; NS = non significant ($P>0.05$).

determinantes de biomasa, tales como AP, AF, NHP, NRP, NRS, PFR, PSR y NN principalmente.

Altura de planta mostró diferencias significativas entre cultivares ($P < 0.05$), donde los cultivares 23 y 4 mostraron los promedios mayores (Cuadro 1). Esta característica explica el hábito de crecimiento de estos cultivares, siendo los cultivares 18 y 25 de hábito indeterminado y los cultivares 1, 4 y 23 de crecimiento determinado, explicando que esta variable tiene una importante contribución en la diversidad genética existente entre los cultivares de frijol yorimón^(24,25,26,27).

La variable área foliar presentó diferencias significativas entre cultivares ($P < 0.05$), siendo superiores los cultivares 4 y 25 con 1270.60 y 1190.70 cm² respectivamente; indicando que estos cultivares mostraron la combinación de número menor de hojas pero mayor tamaño, mientras que el resto de cultivares mostraron la combinación, número mayor de hojas pero menor tamaño, o bien, un número intermedio de ambos. Resultados parcialmente similares se han obtenido en otros trabajos, donde se encontraron diferencias significativas entre cultivares en área foliar por efecto de edad^(28,29), pero no por efecto de cultivar, indicando que las diferencias significativas del presente estudio por efecto de cultivar, explican la diferencia genética entre cultivares para esta variable. La correlación mostrada entre área foliar y número de hojas por planta, que también presentó diferencias significativas, fue significativa, con valor positivo ($r = 0.76$), lo cual implica que a mayor número de hojas mayor es el área foliar y viceversa.

En el resto de las variables donde se presentaron diferencias significativas, el cultivar 4 mostró los valores promedio más altos para NRP y DN; el cultivar 18 para NRS y LR; El cultivar 25 para NN y PN y el cultivar 23 para PFR y PSR (Cuadro 1), resultados que al igual que el resto de las variables medidas, presentan una variabilidad alta entre cultivares, similar a lo encontrado en otros estudios^(24,25,26,27,30), mismos que manifiestan la marcada diversidad que se presenta entre cultivares de frijol yorimón.

showed the highest correlation with GMP and DMP, $r = 0.86$ and 0.83 , respectively, therefore this variable is one of the most important one for determining biomass, which correlated positively with all other variables.

Canonical variables (CAN)

Classification of the assayed cultivars indicates that 65 % of the variability among cultivars can be explained with two canonical variables (Table 3). According to the results, cultivar 18 considered as CAN1, is characterized by the variables NLP, NSB and GMP, while CAN2 is characterized by the variables GMP, LA, DRW, NPB and NSB. CAN1 in cultivar 23 is characterized by the variables DMP and LA and CAN2 by GMP, LA, DRW, NPB and NSB. Cultivars 1, 4 and 25 could not be characterized by CAN1 but only with the variables DMP and NLP by CAN2 (Table 4 and Figure 1). All this is due to genetic variability among cultivars, a relevant aspect in agriculture and animal husbandry, where variability is stressed in phenological characteristics.

Biomass production functions

GMP and DMP functions for the five cultivars showed significant “ r ” and “ R^2 ” values, higher than 0.90 and 0.82, respectively. Variables included in the functions for each cultivar were those that characterized it. Cultivar 23 showed the highest values for “ r ” and “ R^2 ” for GMP (Table 5); cultivar

Cuadro 3. Proporción de la varianza explicada por medio de variables canónicas en cinco cultivares de frijol yorimón [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

Table 3. Proportion of variance explained through canonical variables in five cowpea cultivars [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

Canonic variable	Eigenvalue	Difference	Proportion	Accumulated
1	3.98426	1.29371	0.39770	0.39770
2	2.69055	0.42464	0.26856	0.66626
3	2.26591	1.18836	0.22618	0.89244
4	1.07755		0.10756	1.0000

Considerando los cinco cultivares, se encontró que PMV se correlacionó positiva y significativamente con la mayoría de las variables evaluadas, con valores de 0.37 a 0.89, excepto para LR, NN y DN (Cuadro 2). Los valores de correlación mayores fueron con las variables AF (0.86), PFR (0.68) y NHP (0.65), mientras que el valor menor fue para NRP (0.37). Resultado similar mostró PMS, difiriendo con PMV por no presentar correlación con PN (0.17) aunque sí para DN (0.27). La variable AF mostró una correlación mayor con PMV y PMS (0.86 y $r=0.83$, respectivamente) por lo que esta variable es una de las principales en la determinación de biomasa, y que a su vez se correlacionó también con todas las variables.

Clasificación con variables canónicas (CAN)

La clasificación de los cinco cultivares indicó que con dos variables canónicas se explica más del 65 % de la variabilidad entre ellos (Cuadro 3) y se encontró que el cultivar 18 se caracteriza por las variables NHP, NRS y PMV considerando a CAN 1, mientras que para CAN 2 lo caracterizan las variables PMV, AF, PSR, NRP y NRS. El cultivar 23 se caracteriza por PMS y AF con respecto a CAN 1 y con respecto a CAN 2 se caracteriza por las variables PMV, AF, PSR, NRP y NRS. Los cultivares 1, 4 y 25 no se caracterizaron por CAN 1 aunque sí por CAN 2 con las variables PMS y NHP (Cuadro 4, Figura 1). Lo anterior es debido a la variabilidad genética entre cultivares, aspecto relevante en la agricultura y la ganadería, donde destaca la variabilidad que se presenta en las características fenológicas.

Funciones de producción de biomasa

Las funciones de PMV y PMS para los cinco cultivares, mostraron valores de "r" y R^2 significativos y superiores a 0.90 y 0.82, respectivamente, donde las variables que se incluyeron en las funciones de cada cultivar, son las que caracterizan a dicho cultivar, encontrándose que el cultivar 23 mostró los valores mayores en r y R^2 para la variable PMV (Cuadro 5); el cultivar 1 mostró los valores más altos de r y R^2 para la variable PMS, mientras que los cultivares 4 y 25 con producciones mayores de materia verde y materia seca, mostraron los

Cuadro 4. Participación por cada una de las variables determinantes de producción de biomasa en cada una de las variables canónicas

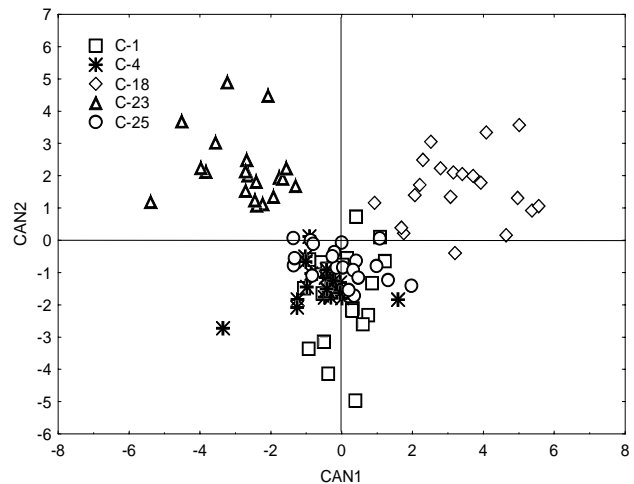
Table 4. Participation of each variable determinant of biomass production in each canonical variable

	CAN1	CAN2	CAN3	CAN4
GMP	1.5882	1.3489	0.9995	0.2398
DMP	-1.4757	-2.6744	-1.3470	0.8365
PH	-0.2544	0.0633	-0.2512	-0.3908
NLP	1.3723	-0.8551	-0.0216	0.5810
LA	-1.6567	0.6578	1.3489	-1.6141
NPB	0.2682	0.5530	-0.7678	-0.4125
NSB	0.7714	0.5573	-0.5757	-0.4900
RL	-0.0425	-0.1269	-0.1155	-0.3760
FWR	-0.2356	0.0823	0.4099	1.3273
DRW	-0.2617	0.9287	-0.4209	-0.5911
NN	0.2096	-0.3471	0.8626	-0.0659
NP	-0.0852	0.0147	-0.3812	0.0427
DN	0.1850	-0.0183	0.1843	-0.3888

GMP =green matter production; DMP =dry matter production; PH =plant height; LA =leaf area; LN =leaf number; LFW =leaf fresh weight; LDW =leaf dry weight; SD =stem diameter; PB =primary branches; SB =secondary branches; RL =root length; FRW =fresh root weight; DRW =dry root weight; NN =nodule number; NW =nodule weight, ND =nodule diameter.

Figura 1. Clasificación de cinco cultivares de frijol yorimón [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] utilizando el método de variables canónicas

Figure 1. Classification of five cowpea cultivars [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] through the canonical variables method



coeficientes de correlación y de determinación con valores intermedios pero significativos. Las funciones generales de PMV y PMS donde se incluyeron a todos los cultivares, mostraron valores de r y de R^2 similares a los mostrados por cada cultivar. Las variables que intervienen en las funciones de producción de biomasa (materia verde y materia seca) son AP, AF, NRP, NRS, LR, PFR, PSR y NN; siendo las que en forma global (todos los cultivares) se encuentran correlacionadas positiva y significativamente con las variables dependientes (PMV y PMS).

Se concluye que los cultivares 4 (cuarenteño) y 25 (sesenteño) presentaron mayor producción de biomasa (materia verde y seca). La mejor función de producción de materia seca fue para el cultivar 1 (paceño) y de materia verde para el cultivar 23 (IT91K-118-20). Las variables con mayor impacto o participación en las funciones de producción de materia seca y materia verde (biomasa) fueron altura de planta, área foliar, número de ramificaciones primarias y secundarias, peso fresco y seco de

1 for DMP and cultivars 4 and 25 evidenced the greatest dry and fresh matter productions with intermediate but significant correlation and determination coefficients. GMP and DMP functions in which all cultivars were included showed “ r ” and “ R^2 ” values similar to those shown for each cultivar. Those variables which took part in biomass production functions (dry and fresh matter), PH, LA, NPB, NSB, RL, FRW, DRW and NN, globally (all cultivars) correlated significantly and positively with the dependent variables, GMP and DMP.

It can be concluded that cultivars 4 (Cuarenteño) and 25 (Sesenteño) showed the greatest biomass production (dry and fresh). Cultivar 1 (Paceño) showed the best dry and cultivar 23 (IT91K-118-20) the best fresh matter production function. Variables with the greatest impact or participation in dry and fresh matter (biomass) production functions were plant height, leaf area, number of primary and secondary branches, root fresh weight, nodule number and root length. More evaluations are necessary in cowpea to increase information on

Cuadro 5. Funciones de producción usando un método destructivo para materia verde y materia seca con correlación y coeficiente de determinación en cinco cultivares de frijol yorimón [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

Table 5. Production functions using a destructive method for dry and fresh matter with correlation and determination coefficients in five cowpea cultivars [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

Cultivar	Function	Correlation coefficient (r)	Determination coefficient (R^2)
Cultivar 1 (Paceño)	GMP = -31.13+0.08 LA+1.14 PH	0.95	0.91
	DMP = 1.60+0.02 LA	0.96	0.92
Cultivar 4 (Cuarenteño)	GMP = -42.65+4.96 NSB+1.59 PH+8.20 FRW	0.94	0.89
	DMP = 3.95+1.00NSB+6.70 DRW	0.91	0.82
Cultivar 18 (IT90K-277-2)	GMP = -13.80+4.00NSB+20.86 DRW	0.92	0.84
	DMP = -2.00+0.01 LA-0.50 NPB+2.12 DRW	0.95	0.91
Cultivar 23 (IT91K-118-20)	GMP = -69.82+0.11LA+1.34 PH	0.97	0.94
	DMP = -8.99-0.01LA+0.20 PH	0.93	0.86
Cultivar 25 (Sesenteño)	GMP = 5.06+ 0.07 LA	0.94	0.88
	DMP = -0.32+0.01 LA	0.95	0.91
General	GMP = -38.93+0.05 LA+1.30 PH+4.16 FRW-0.03 NN+79 NSB	0.93	0.86
	DMP = -1.76+0.013 LA+0.22 PH-0.07 NN-0.13 RL	0.90	0.81

GMP =green matter production; DMP =dry matter production; PH =plant height; LA =leaf area; NLP =leaf number; PFH =leaf fresh weight; PSH =leaf dry weight; NPB =primary branches; NSB =secondary branches; FRW =fresh root weight; DRW =dry root weight; NN =nodule number.

P (<0.05).

raíz, número de nódulos y longitud de raíz. Se requiere seguir evaluando a este cultivo para ampliar la información sobre su capacidad de producción forrajera (cantidad y calidad) que permitan obtener elementos de certeza para sugerir su explotación.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. por la oportunidad de realizar esta investigación con el apoyo financiero, material y de recursos humanos por medio de los proyectos ZA1.1 y CIBNOR-JICA-TOTTORI del Programa de Agricultura de Zonas Áridas. Se agradece al CONACyT el apoyo por medio de la beca No. 68012, otorgada al primer autor para sus estudios de Doctorado en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales con orientación en Ecología.

LITERATURA CITADA

- Díaz FA, Ortegón MA. Guía para la producción de vaina y grano de chícharo de vaca en el norte de Tamaulipas. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Río Bravo. Publicación No. 21. 1997.
- Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, López-Cortés A, Jones HG, Ayala-Chairez, F, Tinoco-Ojanguren CL. Salt tolerance of cowpea genotypes in the emergence stage. *Australian J Exper Agric* 2001;(41):1-8.
- Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, García-Hernández JL, Larrinaga-Mayoral JA, Nieto-Garibay A, López-Cortés A. Efecto de la salinidad en genotipos de chícharo de vaca (*Vigna unguiculata* L. Walp.) durante la etapa de plántula. *Agrochimica* 2002; XLVI (1-2):73-86.
- Murillo-Amador B, López-Aguilar R, Kaya C, Larrinaga-Mayoral JA, Flores-Hernández A. Comparative effects of NaCl and polyethyleneglicol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. *J Agron Crop Sci* 2002;(188):235-247.
- Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, López-Aguilar R, López-Cortés A, Tinoco-Ojanguren CL, Jones HG, Kaya C. Matching physiological traits and ion concentrations associated with salt stress in cowpea genotypes. *Australian J Agric Res* 2002;(53):1243-1255.
- Noguera N, Marín DCh, Viera J. Evaluación eco fisiológica de cultivos asociados. *Agron Trop* 1989;39(1-3):45-61.
- Gutiérrez W, Medrano C, Gómez A, Urrutia E, Urdaneta M, Esparza D, Báez J, Villalobos Y, Medina B. Efecto del control de malezas en dos genotipos del cultivo del frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) bajo siembra directa en la

forage production capacity in quantity and quality, in order to obtain, with a higher certainty, fundamentals to suggest a better use of this plant.

ACKNOWLEDGMENTS

Our special thanks to Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. for funding and providing material and human resources to carry out this study through projects ZA1.1 and CIBNOR-JICA-Tottori of the Programa de Agricultura de Zonas Aridas. We wish to thank also CONACyT for its support through scholarship 60812 granted to the first author for doctoral studies in Management and Use of Natural Resources with orientation in Ecology.

End of english version

planicie de Maracaibo, Venezuela. *Rev Fac Agron (LUZ)*; 1995;16:597-609.

- García VD, Hernández JC, Darío AM. Los abonos verdes: una alternativa para controlar malezas en el cultivo de maíz. PRIAG. Costa Rica. 1997.
- Medina A. Experiencias sobre cultivos de cobertura y abonos verdes. CIDICCO. Honduras, 1997.
- Pandey RK. Guía del agricultor para el cultivo del chícharo de vaca en arrozales. México, DF: Ed. Limusa; 1990.
- Tarawali SA, Singh BB, Peters M, Blade SF. Cowpea haulms as fodder. In: Singh, BB, Mohan Raj DR, Dashiell KE, Jackai LEN editors. *Advances in cowpea research*. IITA, Ibadan, Nigeria: Co publication of International Institute of Tropical Agriculture (IITA) and Japan Intern Res Center Agric Sci (JIRCAS);1997:313-325.
- Parra GA. Comportamiento de poblaciones mejoradas de maíz, (*Zea mays*, L) en asociación con mutantes de frijol, (*Vigna unguiculata*, (L) Walp.) y frijol chino (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Revista de Agronomía (LUZ)* 1986;7:136-143.
- Chase LE. Dairy nutrition fact sheep. Dept Anim Sci, Cornell University. 1998.
- Rosa R, Clavero T, Pérez JJ, González L, Giurdanela J. Efecto de la Fertilización con N y P sobre la nodulación de 2 ecotipos de *Leucaena leucocephala*. *Rev Fac Agron (LUZ)* 1995;(12):187-192.
- Camacaro S, Chacón E, Tesoro D, Alvarado A, Sánchez E. Estudios sobre fijación biológica de nitrógeno en *Centrosema macrocarpum*, Benth y su asociación con rizobios nativos e introducidos. III. Condiciones de campo. *Zootec Trop* 1996;14(1):35-50.
- Ascencio J. Determinación del área foliar en plantas de carotaa (*Phaseolus vulgaris* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y

- batata (*Ipomoea batatas* (L.) Poir) utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas. *Turrialba* 1985;35(1):55-64.
17. SAS. SAS User's Guide (release 6.12). Cary. NC, USA: SAS Inst. Inc. 1998.
 18. Varela NM. Análisis multivariado de datos, aplicación a las ciencias agrícolas. INCA. La Habana. 1998.
 19. Figueras MS. Introducción al análisis multivariante. [en línea] *5campus.com, Estadística* <<http://www.5campus.com/leccion/anamul>>. Consultado Oct 10, 2002.
 20. Johnson DE. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. México, DF: International Thomson Editores, SA de CV; 2000.
 21. Sharma CD, Singhania DL. Performance of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes for fodder traits. *Ann Arid Zones* 1992;31(1):65-66.
 22. Medina FW Chang W, Bracho J, Marín M, Esparza D. Variación de peso seco en cinco genotipos de frijol *Vigna unguiculata* (L.) Walp bajo condiciones de campo. *Rev Fac Agron (LUZ)* 1996;(13):673-686.
 23. Rodríguez RN, Mora L, Marín M, Esparza D, Del Villar A. Distribución de materia seca en el frijol *Vigna unguiculata* (L.) Walp. variedad ojo negro y tres de sus mutantes en los alrededores de Maracaibo. *Rev Fac Agron (LUZ)* 1996;(13):659-671.
 24. Borah HK, Khan AKF. Genetic divergence in fodder cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Madras Agric J* 2001;88(10/12):625-628.
 25. Borah, HK, Khan AKF, Variability, heritability and genetic advance in fodder cowpea. *Madras Agric J* 2000;87(1/3):165-166.
 26. Roquib MA, Patnaik RK. Genetic variability in forage yield and its components in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Environm Ecol* 1990;8(1A):236-238.
 27. Kapoor A, Sohoo MS, Beri SM. Divergence in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *J Crop Improv* 2000;27(1):105-108.
 28. Medina F, Chang W, Bracho J, Marín M, Esparza D. Efecto de la edad y el genotipo sobre el crecimiento del área foliar en el frijol *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Rev Fac Agron (LUZ)* 1996;(13):61-72.
 29. Rodríguez RN, Mora L, Marín M, Esparza D, Del Villar A. 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. *Rev Fac Agron (LUZ)* 1996;(13):521-531.
 30. Guenni O, Cameron F, Edye LA, Rose C. Variación en el crecimiento dentro de *Stylosanthes hamata* como respuesta a la temperatura. I. Expansión del área foliar. *Agron Trop* 2000;50(3):361-390.