

# Caracterización y obtención de funciones para producción de biomasa en cinco cultivares de frijol yorimón: II Método no destructivo

## Development and characterization of biomass production in cowpea cultivars: II Nondestructive method

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

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar variables determinantes de producción de biomasa y obtener funciones de producción utilizando métodos no destructivos en estadio de floración en cultivares de frijol yorimón, se realizó este trabajo en el Carrizal, BCS México. Cinco cultivares de frijol yorimón se establecieron en campo en un tipo de suelo franco (pH=6.85) y no salino, mediante un diseño bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La caracterización de los cultivares, se realizó con análisis multivariado canónico, la generación de funciones de producción de materia verde (PMV) y producción de materia seca (PMS); se utilizó un análisis de correlación y regresión lineal simple y múltiple, y la comparación de medias de las variables se hizo con Tukey. Los resultados mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre cultivares para prácticamente todas las variables evaluadas, excepto para peso fresco de hojas y peso seco de hojas, sobresaliendo los cultivares 18 (IT90K-277-2) y 25 (Sesenteño) con valores para PMV y PMS de 105.33, 90.66 y 16.06, 13.39 g. La mejor función de PMV fue para el cultivar 4 (Cuarenteño) con  $R^2=0.69$  y en PMS el cultivar 23 (IT91K-118-20) con un  $R^2=0.71$ . Se concluyó que los cultivares 18 y 25, aún cuando sus funciones no son respaldadas con altos valores de  $r$  y  $R^2$ , pueden ser considerados como una alternativa forrajera por su mayor producción de materia verde y materia seca, resultando el cultivar 18 superior en PMV (30 a 61 %) y PMS (20 a 49 %) con respecto a los cultivares 1, 4, 23 y 25.

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

### ABSTRACT

In this work, the production of biomass for five crops of cowpea was studied in the Carrizal Valley in La Paz, Baja California Sur (23° 20' 47" North and 110° 16' 14" East). The soil has a pH of 6.85, poor in organic matter, non-saline, low levels of calcium, nitrogen, and magnesium but a high level of phosphorus. The climate is dry with average temperature of 22°C. Five cowpea cultivars were used and established in the field under completed randomized block design with four replications. The data were analyzed by means of canonical discrimination, multivariate analysis, correlation, and simple and multiple linear regressions for the generation of green matter production (PMV) and dry matter production (PMS) functions. Analysis of variance were carried out and multiple comparison means (Tukey  $P=0.05$ ) when the variables showed significant statistical differences among cultivars. In general, all variables showed significant differences ( $P < 0.05$ ) except the variables fresh weight (PFH) and dry weight of leaves (PSH). The cultivars 18 (IT90K-277-2) and 25 (Sesenteño) showed the higher values of PMV and PMS (105.33 and 90.66 and 44.90 and 35.80 g, respectively). The best function of PMV was to the cultivar 4 (Cuarenteño) with  $R^2$  of 0.69 and for PMS was the cultivar 23 (IT91K-118-20) with  $R^2$  of 0.71; being diameter of shoot (DT) and number of secondary branches (NRS) the variables with higher influence in the function of PMV, while number of leaves per plant (NHP) and NRS are the variables with higher influence in the function of PMS.

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

Recibido el 26 de febrero de 2004 y aceptado para su publicación el 4 de julio de 2005.

<sup>a</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Mar Bermejo No. 195 Colonia Playa Palo de Santa Rita. La Paz, Baja California Sur. México. bmurillo04@cibnor.mx. Correspondencia al 2° autor.

<sup>b</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur. Área Interdisciplinaria de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Zootecnia.

<sup>c</sup> Departamento de Nutrición Animal. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

México ha presentado un crecimiento en su población en los últimos años de 2.63 % de 1970 a 1990 y de 2.06 % de 1990 a 1995<sup>(1)</sup>, presentando un serio déficit alimentario<sup>(2)</sup>, por lo que es necesario producir más alimentos de origen agropecuario y así contribuir para cubrir dicho déficit.

Baja California Sur es un estado con una superficie de 504,000 ha con potencial de uso agrícola. Sin embargo, debido a que es una zona árida, su climatología y su poca disponibilidad de agua, sólo se aprovecha el 12 % (60,000 ha), de las cuales el 58 % (34,800 ha) se encuentran en el Valle de Santo Domingo, Municipio de Comondú, donde la actividad agrícola depende en su totalidad del agua del subsuelo, lo que ha provocado una dificultad para la producción de alimentos para el consumo humano y animal, en cantidad y en calidad nutritiva suficientes, por la sobreexplotación de los acuíferos y la salinidad del suelo. Aunado a lo anterior, el crecimiento poblacional del Estado, que está por arriba del 3 % lleva consigo la necesidad de enfatizar en la búsqueda y mejora de alternativas de producción agrícola y pecuaria<sup>(3)</sup> y así participar en la satisfacción de dichas necesidades.

El frijol “yorimón”, “chícharo de vaca” o “cowpea” es una leguminosa importante como fuente de proteína, de interés en la alimentación del humano y los animales<sup>(4)</sup>, además, tiene características de adaptación a las condiciones de las zonas áridas<sup>(5,6,7,8)</sup> donde se puede diversificar su uso; como abono verde, especialmente como una alternativa para productores orgánicos, ya que incorporado al suelo cuando aún esta verde, mejora la fertilidad y calidad del suelo<sup>(9,10,11,12,13)</sup>. Su efecto se refleja en un incremento en la materia orgánica, enriqueciendo sus nutrientes mayores y menores, y haciéndolos accesibles para las plantas. Esta planta actúa como fijadora de nitrógeno al suelo, evitando su erosión, mejora su estructura, aumenta su actividad biológica y disminuye la filtración y pérdida de nutrientes<sup>(14)</sup>. También es un excelente cultivo en asociación con el maíz para ensilaje o bien como heno con el pasto Sudán, incrementando los rendimientos de forraje fresco o seco<sup>(14)</sup>. Los cultivos cosechados con semilla y la

México's population grew at a 2.63 % annual rate between 1970 and 1990 and at a 2.06 % annual rate between 1990 and 1995<sup>(1)</sup>, both periods showing a large food deficit<sup>(2)</sup> which should be diminished through an increase in domestic production.

Baja California Sur State, in the Northwest of Mexico, has 504,000 ha with agricultural aptitude. However, being arid with scarce water resources, only 12 % of that area (60,000 ha) is in production and of this last total, some 34,000 ha are located in the Valley of Santo Domingo, in the Municipality of Comondú. Agricultural production in this area is wholly dependent on overexploited underground water resources, which limit food production in quantity and quality due to its scarcity and also to soil salinity. Besides, a population growth rate for the State of more than 3 % requires searching new production alternatives to meet an increase in food demand.

Cowpea is an important source of protein both for humans and animals<sup>(4)</sup> and shows good adaptation to arid areas<sup>(5,6,7,8)</sup> where it can be used as green manure, a good alternative for organic farmers as a soil improver both in fertility and quality<sup>(9,10,11,12,13)</sup>. Its effect is to increase soil organic matter and major and minor nutrient content making them more soluble and available to plants. Cowpea being a legume, fixes atmospheric nitrogen, increases soil structure and biological activity, diminishes nutrient loss and percolation and reduces erosion<sup>(14)</sup> and can be used in association with corn for silage or with Sudangrass for hay, increasing fresh and dry forage yield<sup>(14)</sup>. Whole plants (with seeds) can be used as feed for all kind of cattle. Cowpea hay is excellent for cattle and chopped and wet can be fed to poultry. Breeding sows have been fed with cowpea and ground corn with very good results<sup>(14,15)</sup>.

Leaf area, fresh and dry weights are important parameters for assessing plant production and growth. This is why it is important to measure them to interpret the development process of this crop<sup>(16)</sup>. In order to have available information on this crop in Baja California Sur and to assess its possibility as an alternative feed source, the present study was carried out, being its main objective to

paja se utilizan para alimentar toda clase de ganado. El heno de yorimón es un excelente forraje para el ganado; si se pica y humedece, es también adecuado para las aves de corral. Para las cerdas de vientre ha dado buenos resultados una mezcla de yorimón y de maíz molido<sup>(14,15)</sup>.

El área foliar, peso fresco y peso seco son parámetros importantes en la evaluación del crecimiento y producción de las plantas, de ahí la importancia de su determinación para la interpretación de los procesos del desarrollo de un cultivo<sup>(16)</sup>. Ante la necesidad de contar con información especialmente en condiciones prevalecientes en B.C.S., y para estar en posibilidad de proponer su explotación como una alternativa factible para la alimentación del ganado, se desarrolló el presente trabajo con el objetivo principal de evaluar variables determinantes en producción de biomasa ,y obtener funciones de producción de biomasa en estadio de floración ,en cinco cultivares de frijol yorimón.

El 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 en el municipio de La Paz. El clima de la región es de tipo BW y BS, desértico y seco según la clasificación de Köppen, con temperaturas máxima (33.9 °C), mínima (10.7 °C) y media de 21.9 °C. La precipitación se presenta estacionalmente en verano e invierno, siendo las de mayor volumen de julio a septiembre, y representando 221 mm anuales. El tipo de suelo dominante en la región de estudio 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

evaluate biomass production variables and to obtain biomass production functions at the flowering stage in five cowpea cultivars.

The experiment was carried out between March and July 2002 in the facilities of CEPROVEG (Centro de Propagación Vegetativa) property of the Government of Baja California Sur, located in the Carrizal Valley (23° 20' 47" N, 110° 16' 14" W), Municipality of La Paz. Climate for this area is characterized as BW, BS, dry arid, according to Köppen's classification, with a maximum of 33.9 °C, minimum of 10.7 °C and a 21.9 °C average temperature. Rainfall is seasonal, mostly in summer and winter, averaging 221 mm annually. Predominant soils in the area of the present study are loams, being alluvial of secondary origin, flat, deep, non saline, neutral (pH 6.6 to 7.5), poor in organic matter, low in calcium, nitrogen and magnesium, rich in phosphorous and free of stones in the surface. The experiment was carried out with drip irrigation, using water of C2 S1 quality according to the Wilcox scale (good).

The following cultivars were tested: No 1, Paceño; No 4, Cuarenteño; No 18, IT90K-277-2; No 25, Sesenteño and No 23, IT91K-118-20. Plots were sown at 120,000 plants/ha, and samplings were carried out in June 2002. A completely randomized block experimental design with four replications was used being cultivar the main variation factor and the experimental unit was 8 rows 7 m long and 0.8 m wide each.

The following phenological variables were assessed: days to emergence, days to 50% flowering, days to first pod maturity and days to total maturity (> 50%). The following variables (for biomass production) were recorded: Plant height (PH); fresh matter weight (FMW); dry matter weight (DMW); leaves per plant (LPP); leaf fresh weight (LFW); leaf dry weight (LDW); stem diameter (SD); stem fresh weight (SFW); stem dry weight (SDW); primary ramifications (PRR), secondary ramifications (SER), leaf area (LA), leaf area index (LAI) and leaf/stem ratio (LSR). Plants were cut manually with a razor 5 cm above ground, taking into account the average of five plants at the 50%

23 (IT91K-118-20). La siembra se realizó a 10 cm de distancia entre plantas (120,000 plantas ha<sup>-1</sup>) y los muestreos de los cultivares se realizaron en el mes de junio de 2002.

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

Las variables fenológicas evaluadas fueron, días a emergencia, días a floración (50 %), días a primera maduración de vaina y días a madurez total (> 50 %). Para la determinación de la producción de biomasa se registraron las siguientes variables, altura de planta (AP), peso de materia verde (PMV), peso de materia seca (PMS), número de hojas por planta (NHP), peso fresco de hojas (PFH), peso seco de hojas (PSH), peso fresco de tallo (PFT), peso seco de tallo (PST), diámetro de tallo (DT), número de ramificaciones primarias (NRP), número de ramificaciones secundarias (NRS), área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) y relación hoja-tallo (RHT) previo corte manual, con navaja, a 5 cm de la superficie del suelo, considerando el promedio de cinco plantas en la etapa de floración (50 %) por cada cultivar en cada bloque y dentro de la parcela útil. El peso de las muestras se obtuvo con una balanza eléctrica de precisión (Marca AND, modelo HF-6000G con capacidad de 6100 g), el diámetro de tallo se determinó 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<sup>(17,18,19,20)</sup>.

Para generar las funciones de producción de biomasa, se consideraron las variables que pueden ser medidas en la planta sin tener que realizar el corte de las mismas, tales como: altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, número de ramificaciones primarias y número de ramificaciones secundarias. Una vez determinadas estas variables, la metodología para la generación de funciones de

flowering stage for each cultivar in each block inside the useful plot. Samples were weighted in an electric precision scale (AND model HF-6000G, 6,100 g capacity); stem diameter was determined with a digital vernier (General # 143, General Tools Mfg. Co., Inc.) and leaf area with a portable meter (Li-Cor Model 3000A, Li-Cor Co.). Variables for each cultivar were determined through canonical multivariate analysis<sup>(17,18,19, 20)</sup>.

Variables which did not require plants to be cut, such as plant height, number of leaves, stem diameter and primary and secondary ramifications, were used to generate biomass production functions. Once these variables were recorded, biomass production function generation methodology was based on simple and multiple regression, with fresh and dry matter production as dependent variables<sup>(17)</sup>. Average comparison using Tukey's test ( $P=0.05$ ) was used for all variables<sup>(17)</sup>.

Response to recorded phenological variables (days to emergence, days to 50% flowering, days to first pod maturity and days to total maturity (> 50%)), which were not statistically analyzed showed quantitative differences between cultivars (Table 1), cultivars 1 and 4 being the more precocious, cultivars 23 and 25 intermediate and 18 the latest. Cultivars 1, 4 and 23 of erect growth habit were more uniform in maturity and flowering than cultivars 18 and 25 of semi-creeping growth habits, in coincidence with what is mentioned in other studies<sup>(21)</sup>. Flowering and maturity are non uniform traits in cowpea cultivars and related to growth habits, having a longer flowering period in creeping or semi creeping plants and pods do not mature at the same time (indeterminate) and if it rains during pod maturity plants will flower again. On the other hand, plants of erect or semi-erect growth show more uniform flowering and pod maturity (determinate). In biomass production significant differences were found between cultivars ( $P<0.05$ ) for nearly all variables (LA, FMW, DMW, PH, LPT, SD, SFW, SDW, PRR, SER) excepting LFW and LDW, being cultivars 18 and 25 those with higher fresh and dry matter production, 105.33, 90.66, 16.06 and 13.39 g per plant, respectively. Similar results were reported by other researchers<sup>(22,23,24)</sup> who also found

producción de biomasa se basó en análisis de regresión lineal simple y múltiple, utilizando la producción de materia verde y producción de materia seca como variables dependientes<sup>(17)</sup>. Un análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $P=0.05$ ) se utilizó para todas las variables medidas<sup>(17)</sup>.

La respuesta de las variables fenológicas registradas: días a emergencia, días a floración (50 %), días a inicio de madurez y días a madurez total, (en que no se realizaron análisis estadísticos,) mostraron diferencias cuantitativas entre cultivares (Cuadro 1), clasificando a los cultivares 1 y 4 como los más precoces, los cultivares 23 y 25 como intermedios y el cultivar 18 como el más tardío. También se encontró que en los cultivares 1, 4 y 23 de hábito de crecimiento erecto, presentaron una floración y madurez de vainas más uniforme con respecto a los cultivares 18 y 25. Estos últimos presentaron un hábito de crecimiento semiprostrado, con floración

significant differences between cultivars for leaf dry matter weight (LDW), contrary to what was seen in the present study.

Plant height showed significant differences between cultivars ( $P<0.05$ ) being cultivars 18 and 25 the tallest and cultivars 1, 4 and 23 the shortest (Table 1). This trait can be explained through their growth habits, being the first two of indeterminate growth and the rest, determinate, thus providing an explanation for this variable's contribution to cowpea's genetic divergence<sup>(25,26)</sup>.

Leaf area index, a ratio between total leaf area and number of leaves per plant, showed significant differences ( $P<0.05$ ) between cultivar, being higher in cultivar 23 which has bigger but fewer leaves, the other cultivars having more and smaller leaves or intermediate number and size. These results match those of other studies which report significant differences between cultivars due to age<sup>(27,28)</sup> but

Cuadro 1. Respuesta de cinco cultivares de frijol yorimón para variables fenológicas y variables determinantes de producción de biomasa (Media±EE)

Table 1. Response of five cowpea cultivars to phenological and determinant variables for biomass production (Means±SE)

Variabes	Cultivar 1	Cultivar 4	Cultivar 18	Cultivar 23	Cultivar 25
Days to emergence	7	7	9	8	8
Days to flowering	68	70	82	75	75
Days to beginning of maturity	78	80	92	85	85
Days to full maturity	85	90	105	95	95
Fresh matter weight, g	65.8±18.3 <sup>c</sup>	71.1±16.8 <sup>c</sup>	105.3±34.8 <sup>a</sup>	81.0±20.9 <sup>bc</sup>	90.6±14.5 <sup>ab</sup>
Dry matter weight, g	10.7±2.9 <sup>b</sup>	10.8±2.4 <sup>b</sup>	16.0±5.9 <sup>a</sup>	11.8±3.1 <sup>b</sup>	13.3±2.8 <sup>b</sup>
Plant height, cm	34.2±4.3 <sup>bc</sup>	32.4±6.2 <sup>bc</sup>	44.9±12.1 <sup>a</sup>	29.8±3.9 <sup>c</sup>	35.8±2.5 <sup>b</sup>
Number of leaves	19.0±4.0 <sup>a</sup>	20.0±4.0 <sup>a</sup>	22.0±8.0 <sup>a</sup>	10.0±3.0 <sup>b</sup>	20.0±4.0 <sup>a</sup>
Leaf fresh weight, g	36.8±10.0 <sup>a</sup>	38.9±8.5 <sup>a</sup>	39.6±12.3 <sup>a</sup>	36.5±10.1 <sup>a</sup>	40.0±6.2 <sup>a</sup>
Leaf dry weight, g	6.2±1.7 <sup>a</sup>	6.1±1.2 <sup>a</sup>	6.0±2.0 <sup>a</sup>	5.7±1.3 <sup>a</sup>	6.0±1.4 <sup>a</sup>
Stem fresh weight, g	28.9±8.6 <sup>c</sup>	31.6±9.4 <sup>c</sup>	65.6±24.2 <sup>a</sup>	46.0±13.7 <sup>b</sup>	50.6±8.8 <sup>b</sup>
Stem dry weight, g	4.5±1.4 <sup>c</sup>	4.6±1.3 <sup>c</sup>	10.0±4.2 <sup>a</sup>	6.1±1.8 <sup>bc</sup>	7.3±1.6 <sup>b</sup>
Stem diameter, mm	6.6±0.6 <sup>bc</sup>	6.4±0.7 <sup>c</sup>	8.1±0.6 <sup>a</sup>	7.9±0.8 <sup>a</sup>	7.2±0.5 <sup>b</sup>
Primary branching	16.0±3.0 <sup>a</sup>	15.0±3.0 <sup>ab</sup>	12.0±2.0 <sup>cd</sup>	14.0±3.0 <sup>bc</sup>	11.0±2.0 <sup>d</sup>
Secondary branching	10.0±6.0 <sup>ab</sup>	10.0±3.0 <sup>ab</sup>	12.0±9.0 <sup>a</sup>	5.0±3.0 <sup>b</sup>	10.0±5.0 <sup>ab</sup>
Leaf area, cm <sup>2</sup>	944.8±261.3 <sup>bc</sup>	1125.2±216.4 <sup>ab</sup>	910.3±304.5 <sup>c</sup>	1060.1±242.5 <sup>bc</sup>	1302.9±173.4 <sup>a</sup>
Leaf area index	48.6±6.0 <sup>cd</sup>	57.2±8.8 <sup>bc</sup>	41.9±6.5 <sup>d</sup>	112.0±24.5 <sup>a</sup>	65.6±7.9 <sup>b</sup>
Leaf:stem ratio	1.4±0.4 <sup>a</sup>	1.3±0.2 <sup>a</sup>	0.6±0.1 <sup>c</sup>	0.9±0.2 <sup>b</sup>	0.8±0.2 <sup>bc</sup>

abcd Means in the same row followed by different letters indicate significant differences ( $P<0.05$ ).

y madurez de vainas menos uniforme, lo cual coincide con resultados obtenidos en otros estudios<sup>(21)</sup>. La floración y la madurez de vainas son en general características no uniformes entre los cultivares de frijol yorimón<sup>(21)</sup> y están relacionadas con el hábito de crecimiento, ya que en plantas de hábito de crecimiento rastrero o trepador, su floración es durante un periodo más largo y sus vainas no maduran al mismo tiempo (indeterminado), y en caso de que se presente lluvia durante la maduración de vainas se produce una nueva floración. Por otra parte; en plantas de hábito de crecimiento semierecto y erecto, su floración es más uniforme y la madurez de mayor cantidad de vainas es al mismo tiempo (determinado).

En las variables de producción de biomasa, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre cultivares para prácticamente todas las variables (AF, PMV, PMS, AP, NHP, DT, PFT, PST, NRP, NRS) excepto para las variables PFH y PSH, registrándose que los cultivares 18 y 25 mostraron los promedios más altos para las variables producción de materia verde y producción de materia seca por planta con 105.33 y 90.66 y 16.06 y 13.39 g, respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos por otros investigadores<sup>(22,23,24)</sup> quienes a diferencia de los resultados del presente trabajo, encontraron diferencias significativas entre cultivares para la variable peso seco de hojas.

La variable altura de planta presentó diferencias significativas entre cultivares ( $P < 0.05$ ), siendo los cultivares 18 y 25 los que mostraron las mayores alturas promedio, comparado con los valores inferiores de los cultivares 1, 4 y 23 (Cuadro 1). Esta variable explica en gran parte el hábito de crecimiento de estos cultivares, siendo los cultivares 18 y 25 de hábito de crecimiento 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<sup>(25,26)</sup>.

Las variables índice de área foliar, razón de área foliar de planta y el número de hojas por planta, presentó diferencias significativas entre cultivares ( $P < 0.05$ ), siendo superior el cultivar 23; indicando

not to genotype, thus confirming that genetic differences between cultivars are not significant for this trait. Other authors<sup>(29)</sup> mention that a reduction in growth is basically tied to a reduction in leaf area which reduces photosynthetic activity, whose effect differs in grasses and legumes, although some legumes show a better response, perhaps owing to a better root:tiller ratio, low water content in tissues and a more efficient biological fixation. However, there is practically no information available on leaf area growth variation between and inside tropical fodder legume species.

Root:tiller ratio showed significant differences between cultivars ( $P < 0.05$ ), being the best that of cultivars 1 and 4 in opposition to cultivars 23, 25 and 18, 1.445 and 1.353 vs 0.982, 0.836 and 0.647, respectively. Values higher than 1 indicate that leaf weight is higher than that of stem, this trait being an important fodder attribute, because of its direct link to fresh and dry matter production, besides being a possible indicator of a better nutritive quality.

#### *Grading through canonical variables*

Grading the five cultivars through canonical variables helped explain that 90 % of divergence between them is due to two traits (Table 2), cultivars 18 and 25 were characterized through traits FMW, PH and LPP taking into account Canonic Variable 1 (CAN 1) and considering Canonic Variable 2

Cuadro 2. Proporción de la varianza explicada por medio de variables canónicas en la producción de biomasa en cinco cultivares de frijol yorimón

Table 2. Proportion of variance explained through canonical variables for biomass production in five cowpea cultivars

Canonical variable	Eigenvalue	Difference	Proportion	Accumulated
1	6.6666	4.1897	0.6656	0.6656
2	2.4770	1.6267	0.2473	0.9129
3	0.8503	0.8284	0.0849	0.9978
4	0.0219		0.0022	1.0000

que este cultivar presenta la combinación de pocas hojas, pero de mayor tamaño, los otros cultivares presentan la combinación, ya sea de muchas hojas pero de menor tamaño o bien cantidad intermedia de hojas con tamaño medio, resultados que coinciden con los obtenidos en otros trabajos, donde se han encontrado diferencias significativas entre cultivares en el número de hojas y área foliar por efecto de edad<sup>(27,28)</sup>, mas no en área foliar por efecto de cultivar, indicando con ello que las diferencias genéticas entre cultivares no muestran diferencias genéticas significativas para esta variable. Otros investigadores<sup>(29)</sup> manifiestan que la reducción en el crecimiento está básicamente asociada a una disminución en el potencial de producción de área foliar (AF), debido a una reducción en la fotosíntesis neta, y este efecto varía dentro de las gramíneas y leguminosas, aunque algunas especies de leguminosas tienen una mejor respuesta debido posiblemente a su mayor relación raíz:vástago, bajo nivel de agua en los tejidos y una fijación biológica más eficiente. Sin embargo, existe muy poca información en la literatura en relación con el grado de variación en el crecimiento del AF entre y dentro de especies de leguminosas forrajeras tropicales.

Cuadro 3. Proporción de participación por cada una de las variables determinantes de producción de biomasa en cada una de las variables canónicas

Table 3. Participation of each determinant variable for biomass production in each canonical variable

Variable	CAN1	CAN2	CAN3	CAN4
FMW	0.508627	-0.833750	-0.521973	2.899522
DMW	-0.123140	0.865396	0.523516	-2.186740
PH	0.432470	-0.046947	0.337230	0.310788
LPP	0.832406	-0.455829	-1.505296	-0.412028
SD	-0.317365	-0.392103	0.919910	-0.424434
PRR	-0.446996	0.505324	0.403769	0.383093
SER	-0.584687	0.559146	1.021250	0.213069
LAI	-0.803530	-0.198792	-0.564737	-0.019120
LSR	-0.070060	0.587686	0.309592	0.203215

FMW =green matter weight, DMW =dry matter weight, PH=plant height, LPP=number of leaves per plant, SD=stem diameter, PRR=number of primary branches, SER=number of secondary branches, LAI=leaf area index and LSR=leaf:stem ratio.

(CAN 2), traits SD and FMW are those that characterize these cultivars. Cultivars 1 and 4 are characterized through FMW, PH and LPP with reference to CAN 1 and DMW, PRR, SER and LSR with reference to CAN 2. Cultivar 23 by SER and LAI for CAN 1 and SD and FMW for CAN 2 (Table 3 and Figure 1). This is due to genetic divergence among cultivars.

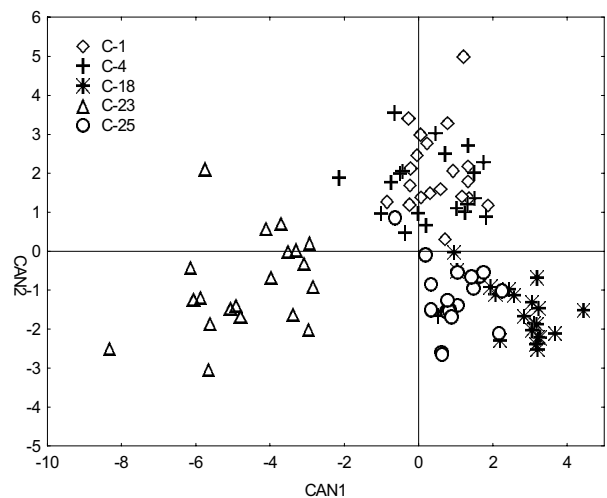
*Biomass production functions*

Fresh and dry matter production showed significant *r* and *R*<sup>2</sup> values; cultivars 4 and 23 being those which showed higher FMW (Table 4), cultivars 1 and 23 showed the higher *r* and *R*<sup>2</sup> values for DMW and cultivars 18 and 25 showed higher DMW and FMW values but significant (*P*<0.05) lower determination and correlation coefficients. General FMW and DMW functions (for all cultivars) showed similar *r* and *R*<sup>2</sup> values (0.79, 0.81 and 0.63, 0.66), respectively. SD, SER, LPP and PH intervene in fresh and dry biomass production functions.

It can be concluded that there exists divergence between cultivars for the assessed phenological traits (not statistically analyzed). Late flowering cultivars showed higher biomass production. Cultivars 23

Figura 1. Clasificación de cinco cultivares de frijol yorimón utilizando el método de variables canónicas

Figure 1. Grading of five cowpea cultivars through the canonical variables method.



La relación hoja-tallo mostró diferencias significativas entre cultivares ( $P < 0.05$ ), presentándose la mayor relación para los cultivares 1 y 4 con respecto a los cultivares 23, 25 y 18, con valores de 1.445 y 1.353 vs 0.982, 0.836 y 0.647, respectivamente. Lo anterior indica que valores mayores a la unidad, los pesos de hoja con respecto a los del tallo son mayores; lo contrario ocurre cuando los valores son menores a la unidad, donde los pesos de las hojas con respecto al peso del tallo es menor y esta variable derivada puede ser importante como atributo forrajero de los cultivares, debido a que está relacionado significativamente con la producción de materia verde y seca. Además de ser un muy posible indicador de mejor calidad nutritiva de cultivares sobresalientes en este aspecto.

#### *Clasificación con variables canónicas*

La clasificación de los cinco cultivares considerando variables canónicas fue posible explicarla con dos

and 4 showed the best dry and fresh biomass production, respectively. Stem diameter, number of leaves, plant height and secondary ramifications affected biomass production. More evaluations on this crop are necessary in order to have information providing certainty of response to other treatments in the agroecological conditions of Baja California Sur so as to provide advise to farmers to produce fodder for livestock production or grain for agriculturalists or as green manure as fertilizer.

#### **ACKNOWLEDGMENTS**

We wish to thank Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. for providing funding and material and human resources for carrying out this study and also to Projects ZA1.1 and CIBNOR-TOTTORI-JICA of the Agricultural Program for Arid Areas. We also are most grateful to CONACYT

Cuadro 4. Funciones de producción usando un método no destructivo para materia verde y materia seca con coeficiente de correlación y coeficiente de determinación en cinco cultivares de frijol yorimón

Table 4. Functions for green and dry matter production using a non destructive method in five cowpea cultivars and correlation and determination coefficients

Cultivar	Function	Correlation coefficient ( $r$ )	Determination coefficient ( $R^2$ )
Cultivar 1 (Paceño)	FMW = - 60.12 + 18.88SD DMW = - 8.95 + 2.11SD+ 0.29LPP	0.70 0.79	0.49 0.63
Cultivar 4 (Cuarenteño)	FMW = - 29.82 + 12.63SD + 1.99LPP DMW = - 6.06 + 2.63SD	0.83 0.78	0.69 0.61
Cultivar 18 (IT90K-277-2)	FMW = -187.99 + 36.14SD DMW = -32.04 + 5.93SD	0.68 0.65	0.46 0.42
Cultivar 23 (IT91K-118-20)	FMW = -56.20 + 15.08SD + 3.11SER DMW = -7.06 + 1.98SD + 0.58SER	0.82 0.84	0.68 0.71
Cultivar 25 (Sesenteño)	FMW = -39.48 + 17.90SD DMW = -14.51 + 3.84SD	0.65 0.72	0.43 0.52
General	FMW = -12.99 + 2.51SD + 0.28LPP + 0.07PH DMW = -77.76 + 17.78SD+ 1.69LPP	0.79 0.81	0.63 0.66

FMW=fresh matter production, DMW=dry matter production; SD=stem diameter; LPP=number of leaves per plant; SER=number of secondary branches, PH=plant height.

( $P > 0.05$ ). N =20 for individual models per cultivar, N =100 for the general model.



de ellas en más del 90 % de la variabilidad que se presenta entre ellos (Cuadro 2), encontrándose que los cultivares 18 y 25 fueron caracterizados por las variables PMV, AP y NHP tomando en consideración a la variable canónica 1 (CAN 1) y considerando a la variable canónica 2 (CAN 2), las variables DT y PMV son las que caracterizan a dichos cultivares. Los cultivares 1 y 4 se caracterizan por PMV, AP y NHP con respecto a la variable CAN 1 y con respecto a la variable CAN 2 las variables PMS, NRP, NRS y RHT. El cultivar 23 se caracteriza por NRS e IAF con respecto a la variable CAN 1 y por las variables DT y PMV con respecto a la variable CAN 2 (Cuadro 3 y Figura 1). Lo anterior se debe a la variabilidad genética que se tiene entre los cultivares de frijol yorimón, característica importante en la agricultura y ganadería.

#### *Funciones de producción de biomasa*

Las funciones de producción de materia verde y materia seca, mostraron valores de  $r$  y  $R^2$  significativos, siendo los cultivares 4 y 23 los que mostraron los valores más altos para la variable PMV (Cuadro 4), los cultivares 1 y 23 mostraron los valores más altos de  $r$  y  $R^2$  para la variable PMS, mientras que los cultivares 18 y 25 con producciones más altas de materia verde y materia seca, mostraron los coeficientes de correlación y de determinación más bajos pero significativos ( $P < 0.05$ ). Las funciones generales (incluyendo todos los cultivares) de PMV y PMS, mostraron valores de  $r$  y de  $R^2$  similares (0.79, 0.81 y 0.63, 0.66, respectivamente); interviniendo en las funciones de producción de biomasa (materia verde y materia seca) las variables DT, NRS, NHP y AP.

Se concluye que existe divergencia (no analizada estadísticamente) entre cultivares para las variables fonológicas evaluadas. Los cultivares de floración tardía presentaron mayor producción de biomasa. La mejor función de producción de materia seca y materia verde obtenida fue para los cultivares 23 y 4 respectivamente. Las variables que tuvieron efecto en las funciones de producción de materia seca y materia verde (biomasa) fueron diámetro de tallo, número de hojas, altura de planta y número de ramificaciones secundarias. Es necesario realizar

for scholarship No 68012 granted to the first author for his Ph.D. studies on Natural Resources Management and Conservation.

*End of english version*

---

más evaluaciones sobre este cultivo en las condiciones agroecológicas del Estado, para tener información que nos refleje y proporcione certeza en la respuesta de este cultivo a otros tratamientos, para sugerir su explotación, como un cultivo con atributos forrajeros importantes en el ámbito pecuario y con atributos de abono verde (fertilizante), o productor de grano en el ámbito agrícola.

#### **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, a los proyectos ZA1.1 y CIBNOR-TOTTORI-JICA del Programa de Agricultura en Zonas Áridas. Se agradece al CONACYT la beca (registro No. 68012) otorgada al primer autor para sus estudios de Doctorado en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales.

#### **LITERATURA CITADA**

1. INEGI. Perfil sociodemográfico de los Estados Unidos Mexicanos. Conteo 95. 1995.
2. FAO. El Estado de la inseguridad alimentaria 2000 [informe]. Roma, Italia. 2000.
3. INEGI. Censo Ganadero de Baja California Sur. México. 1998.
4. Díaz FA, Ortegón MA. Guía para la producción y vaina y grano de chícharo de vaca en el norte de Tamaulipas. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Río Bravo. 1997.
5. Murillo-Amador B. Bases fisiológicas de la respuesta diferencial al NaCl entre genotipos de chícharo de vaca [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] [tesis doctorado]. La Paz, B.C.S. México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.; 2001.

6. Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, Pargas-Lara R. Rendimiento y características agronómicas de doce genotipos de "chicharo de vaca" [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] en una región semiárida de Baja California Sur, México. *Fitotec Mex* 1997;20(2):149-160.
7. 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 chicharo de vaca (*Vigna unguiculata* L. Walp.) durante la etapa de plántula. *Agrochimica* 2002;XLVI(1-2):73-86.
8. 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.
9. García VD, Hernández JC, Darío AM. Los abonos verdes: una alternativa para controlar malezas en el cultivo de maíz. PRIAG. Costa Rica. 1997.
10. Medina A. Experiencias sobre cultivos de cobertura y abonos verdes. CIDICCO. Honduras, 1997.
11. Martín JL, Valle CJ, Blanco A, Sánchez ME. La dehesa y recursos forrajeros: Fertilización, laboreo y siembra de forrajes. I. Influencia en el medio natural (suelo y vegetación). *Spanish J Agric Res* (2003);1(1):23-33.
12. Martín JL, Valle CJ, Blanco A, Sánchez ME. La dehesa y recursos forrajeros: Fertilización, laboreo y siembra de forrajes. II. Productividad y utilización del agua de lluvia. *Spanish J Agric Res* (2003);1(1):35-42.
13. Daza A, Santamaría C, Camacho M, Rodríguez DN, Temprano F. Short communication. Influence of micronutrients on biological nitrogen fixation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under greenhouse hidroponic culture condition. *Spanish Agric Res* (2003);1(3):77-80.
14. 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 for Agric Sci (JIRCAS);1997:313-325.
15. Chase LE. Dairy nutrition fact sheep. *Dep Anim Sci*. Cornell University. 1998.
16. Ascencio J. 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* 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> [en línea] Consultado Oct 10, 2002.
20. Johnson Dallas E. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. México, DF: Editorial International Thomson Editores, S A de C V; 2000.
21. Pandey RK. Guía del agricultor para el cultivo del chicharo de vaca en arrozales. México, DF: Ed. Limusa; 1990.
22. Sharma CD, Singhania DL. Performance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) genotypes for fodder traits. *Ann Arid Zones* 1992;31(1):65-66.
23. Medina F, 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.
24. 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.
25. Borah HK, Khan AKF. Genetic divergence in fodder cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Madras Agric J* 2001;88(10/12):625-628.
26. Kapoor A, Sohoo MS, Beri SM. Divergence in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *J Crop Improv* 2000;27(1):105-108.
27. 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.
28. 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.
29. Ludlow, M. M. Stress physiology of tropical pasture plants. *Trop Grass* 1980;14(3):136-145.