

## Morfología del embrión en frijol y su comparación entre razas Durango y Jalisco\*

### Bean embryo morphology and its comparison between races Durango and Jalisco

Edwin Javier Barrios Gómez<sup>1§</sup>, Cándido López Castañeda<sup>2</sup>, Josué Kohashi Shibata<sup>2</sup>, Jorge Alberto Acosta Gallegos<sup>3</sup>, Salvador Miranda Colín<sup>2</sup>, Netzahualcoyotl Mayek Pérez<sup>4</sup> y Jaime Canul Ku<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Zacatepec-INIFAP. Carretera Zacatepec-Galeana, Zacatepec 0.5, Morelos, C. P. 62780. Tel: 734 34 30230. Fax: 734 34 33820. (canul.jaime@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados. Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Fax: 5959520262. (clc@colpos.mx; jkohashi@colpos.mx; smiranda@colpos.mx). <sup>3</sup>Campo Experimental Bajío-INIFAP. A. P. 112, 38000, Celaya, Guanajuato, México. (acosta.jorge@inifap.gob.mx). <sup>4</sup>Centro de Biotecnología Genómica-IPN. C. P. 88710. Reynosa, México. (nmayek@hotmail.com). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: barrios.edwin@inifap.gob.mx.

#### Resumen

En frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) el embrión es toda la semilla con excepción la testa. En 2007 se realizaron trabajos con el objetivo de determinar la relación de la biomasa del complejo del eje embrionario (CEE, eje hipocótilo-radicular más las dos primeras hojas foliares) y los cotiledones, y las dimensiones del CEE en variedades contrastantes en tolerancia a sequía, alto y bajo rendimiento, y las diferencias entre las razas de frijol Durango y Jalisco. Para la separación del CEE se seleccionaron 20 semillas con biomasa de 200, 260 y 320 ± 5 mg. Las semillas de 320 mg tuvieron biomasa total del CEE (BTE) mayor que las semillas de 260 y 200 mg, esto se debió a una biomasa total mayor de las dos primeras hojas (BHS) y a la biomasa del eje hipocótilo-radicular (BHR). El CEE separado de semillas de 320 mg presentó el área foliar mayor de las dos primeras hojas (AFPH) y longitud del eje hipocótilo-radicular (LHR), respecto a las semillas de 260 mg. El porcentaje del CEE en el embrión mostró una relación opuesta con la biomasa de semilla. Los cotiledones representaron 98.4% de la biomasa del embrión y el CEE el porcentaje restante. El cultivar con tolerancia a sequía presentó menor anchura del eje hipocótilo-radicular (AHR) que el cultivar susceptible a sequía; la BTE alto de Pt Villa se debió a su BHR alto, en tanto, que ala alta BTE de FM M38 y Anita se debió a una alta BHR y BHS.

#### Abstract

In bean (*Phaseolus vulgaris* L.) the embryo is all the seed except the testa. In 2007, work was conducted in order to determine the ratio of the biomass from the embryonic axis complex (CEE, hypocotyl-root axis plus the two first leaves) and cotyledons and dimensions of CEE in contrasting varieties tolerant to drought, high and low yield, and the differences between bean races of Durango and Jalisco. For separation of the EEC, 20 seeds with biomass of 200, 260 and 320 ± 5 mg were selected. Seeds of 320 mg had total biomass of CEE (BTE) greater than 260 and 200 mg seed; this was due to greater total biomass of the first two leaves (BHS) and biomass of the hypocotyl-root axis (BHR). CEE separate from seeds of 320 mg had the highest leaf area of the first two leaves (AFPH) and length of hypocotyl-root axis (LHR), compared to 260 mg seed. The percentage of CEE in the embryo showed a reverse relationship with seed biomass. The cotyledons represented 98.4% of the biomass from the embryo and the CEE the rest. The drought-tolerant cultivar showed smaller width of hypocotyl-root axis (AHR) that the cultivar susceptible to drought; the high BTE from Pt Villa was due to its high BHR, meanwhile, the high BTE of FM M38 and Anita was due to a high BHR and BHS.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris* L., seed, early vigor.

\* Recibido: noviembre de 2013  
Aceptado: abril de 2014

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris* L., semilla, vigor inicial.

## Introducción

Se ha demostrado que las semillas de cereales como trigo, cebada y avena con embrión grande producen plántulas vigorosas con raíces y hojas grandes que pueden dar ventaja al inicio de la estación de crecimiento [López-Castañeda *et al.* (1996) en cereales de grano pequeño; Martinelli y Moreira de Carvalho (1999) en maíz]. Por el contrario, también se ha demostrado que en variedades de frijol de origen tropical, las semillas de menor tamaño emergen de manera vigorosa en comparación con las de tamaño mediano y grande (Pearson y Miklas, 1992).

Investigaciones sobre este particular han sugerido la utilización de la biomasa de 100 semillas como criterio de selección para identificar germoplasma con mayor vigor inicial (Kuruvadi *et al.*, 1988) y se ha encontrado una correlación negativa entre el tamaño de semilla y el rendimiento (White y González, 1990; White *et al.*, 1992; Sexton *et al.*, 1994). En maíz en algunos casos se ha asociado positivamente el tamaño grande de semilla con un mayor crecimiento inicial de la plántula (Derieux *et al.*, 1989; Bockstaller y Girardin, 1994).

En zanahoria (*Daucus carota* L.) se ha encontrado que una mayor longitud (mm) del embrión estuvo relacionado con un menor número de días a emergencia y una mayor biomasa de la plántula (Gray y Steckel, 1983). Leishman *et al.* (2000) señalaron que las reservas de la semilla fueron translocadas a las diferentes estructuras de la plántula en forma progresiva, y en algún periodo durante este proceso de translocación el tamaño de semilla debería tener ventajas, pues una semilla grande permitió incrementar o asegurar la cantidad suficiente de reservas que la plántula requerirá para concluir su desarrollo, inclusive en condiciones adversas.

Celis-Velázquez *et al.* (2008) encontraron una variabilidad reducida en el vigor seminal entre cultivares mejorados de frijol, y que las plántulas desarrolladas de semillas pesadas fueron en promedio más vigorosas, pues tuvieron mayor altura y diámetro de hipocótilo, y acumularon más biomasa en su raíz y folíolos. En contraste, las semillas más ligeras o pequeñas, generaron algunas de las plántulas más cortas, con los folíolos, hipocótilo y raíz más ligeros, e hipocótilo angosto y corto (Celis-Velázquez *et al.*, 2010).

## Introduction

It has been shown that the seeds of cereals such as wheat, barley and oat with large embryo produce vigorous seedlings with roots and large leaves that can provide advantage at the start of the growing season [López-Castañeda *et al.* (1996) in small grain cereals; Martinelli and Moreira de Carvalho (1999) in corn]. Conversely, it has also been demonstrated that in bean varieties of tropical origin, the smaller seeds emerge vigorously compared with medium and large size (Pearson and Miklas, 1992).

Research on this particular subject have suggested the use of biomass of 100 seeds as a selection criterion to identify germplasm with greater initial vigor (Kuruvadi *et al.*, 1988) and has been found a negative correlation between seed size and yield (White and González, 1990; White *et al.*, 1992; Sexton *et al.*, 1994). In maize, in some cases large size of the seed has been positively associated with higher initial seedling growth (Derieux *et al.*, 1989; Bockstaller and Girardin, 1994).

In carrot (*Daucus carota* L.) has been found that a longer length (mm) of the embryo was associated with a lower number of days to emergence and to higher seedling biomass (Gray and Steckel, 1983). Leishman *et al.* (2000) noted that the reserves of the seed were translocated to different structures of the seedling progressively and at some period during the translocation process the seed size should have advantages, because a large seed allowed to increase or ensure the sufficient amount of reserves that the seedling will require to complete its development, even in adverse conditions.

Celis-Velázquez *et al.* (2008) found a reduced variability in seminal vigor between improved bean cultivars and that seedlings developed from weighted seed were on average more vigorous, since they had greater height and diameter of hypocotyl and accumulated more biomass in their root and leaflets. In contrast, lighter or small seeds generated some of the shorter seedlings, with leaflets, a lighter hypocotyl and root, a narrow and short hypocotyl (Celis-Velázquez *et al.*, 2010).

Bean embryo consists of two cotyledons and the complex of the embryonic axis, comprised by the two first leaves and the embryonic axis *per se*. At the apex of the embryonic axis above the cotyledon junction is the plumule, which encloses the bud. In bean the plumule is comprised by an apical meristem and primaries leaves (Wilson and Loomis, 1968). Moreover, Díaz *et al.* (1999) reported that

El embrión del frijol está formado por dos cotiledones y el complejo del eje embrionario, constituido por dos primeras hojas y el eje embrionario *per se*. En el ápice del eje embrionario, por encima del nudo cotiledonal se encuentra la plúmula, que encierra la yema apical. En frijol la plúmula ésta compuesta por un meristemo apical y varias hojas primarias (Wilson y Loomis, 1968). Por otra parte, Díaz *et al.* (1999) reportaron que en la semilla de frijol la testa representa 8.9%, y el porcentaje restante corresponde al embrión, éste último distribuido en cotiledones (89.9%) y el eje embrionario (1.2%). Los diferentes trabajos realizados tuvieron como objetivo determinar la relación de la biomasa del complejo del eje embrionario (CEE) y los cotiledones, y las dimensiones del CEE en variedades contrastantes en tolerancia a sequía, alto y bajo rendimiento, y las diferencias entre las razas de frijol Durango y Jalisco como medida de vigor inicial.

## Materiales y métodos

### Localización de los experimentos

En el presente estudio se realizaron dos experimentos: el primero se sembró en macetas de plástico a la intemperie, el 11 de mayo de 2006, en el área de invernaderos del Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas en Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México (19° 21' latitud norte, 98° 55' longitud oeste y 2 250 msnm) y el segundo se realizó en el Laboratorio de Resistencia a Sequía, Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas en abril de 2007

### Material genético utilizado en los experimentos

Con el propósito de determinar la relación en biomasa entre el complejo del eje embrionario (CEE) y los cotiledones, así como su vigor inicial en plántula, se utilizaron semillas de cinco variedades de frijol Flor de Mayo (FM), una variedad Flor de Junio (FJ) y un criollo, como testigo, todas pertenecientes a la raza Jalisco.

Para la comparación en biomasa del CEE y los cotiledones entre razas se incluyeron variedades de la raza Durango [Pinto (Pt) Saltillo y Villa] y de la raza Jalisco (FM M38 y Anita), esto debido a que la primera es conocida ampliamente por su tolerancia a sequía y la segunda por su amplia adaptación a la sequía intermitente. La semilla de las variedades de la raza Jalisco y Durango utilizadas en

in seeds of bean the testa represents 8.9% and the remaining percentage corresponds to the embryo, the latter distributed in cotyledons (89.9%) and embryonic axis (1.2%). The different tasks performed aimed to determine the relationship of biomass from the embryonic axis complex (CEE) and the cotyledons, and the dimensions of CEE in contrasting varieties in drought tolerance, high and low yield, and the differences between bean races of Durango and Jalisco as a measure of initial vigor.

## Materials and methods

### Experiments location

In this study, two experiments were conducted: the first was planted in plastic pots outdoors, on May 11, 2006, in the greenhouse area from the Colegio de Postgraduados en Ciencia Agrícolas in Montecillo, Municipality of Texcoco, State of Mexico (19° 21' north latitude, 98° 55' west latitude and 2 250 masl) and the second was conducted in the Laboratory of Drought Resistance, from the Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas in April 2007

### Genetic material used in the experiments

In order to determine the relationship in biomass between the embryonic axis complex (CEE) and the cotyledons, thus the initial seedling vigor, seed of five varieties of beans Flor de Mayo (FM), a variety Flor de Junio (FJ) and a native, as a control, all belonging to the Jalisco race.

For comparison in biomass from EEC and cotyledons between breeds, Durango [Pinto (Pt) Saltillo and Villa] and Jalisco (FM M38 and Anita) varieties were included, this because the first is widely known for tolerance to drought and the second for its wide adaptation to intermittent drought. The seed of varieties Jalisco and Durango used in the comparison experiment between races was harvested a previous year under irrigated conditions in Montecillo, Mexico (Table 1).

### Measurements of embryo structures

#### Characteristics evaluated in seed

The moisture content of the seed of each variety was determined with a moisture meter (Model MB45, OHAUS) in the Seed Testing Laboratory of the Graduate College of

el experimento de comparación entre razas, fue cosechada un año anterior bajo condiciones de riego en Montecillo, México (Cuadro 1).

Agricultural Sciences. For separation of the CEE, 20 seeds were selected with individual biomass of 200, 260 and 320  $\pm$  5 mg an analytical balance (accuracy of 0.0001 g) was

### Cuadro 1. Variedades de frijol utilizadas en el estudio.

Table 1. Beans varieties used in the study.

Variedades <sup>†</sup>	Días a floración	Biomasa de 100 semillas (g)
Flor de Mayo Corregidora <sup>¶</sup>	55-57	27.3
Flor de Mayo RMC <sup>††</sup>	44-55	26.3
Flor de Mayo Bajío <sup>§</sup>	45-47	25.1
Flor de Junio Marcela <sup>§</sup>	55-61	30.3
Michoacán 128 <sup>¶¶</sup>	47-53	20.2
Flor de Mayo M38 <sup>§</sup>	52-57	27.8
Flor de Mayo Anita <sup>§</sup>	50-55	28.7
Pinto Villa <sup>¶</sup>	45-50	30.7
Pinto Saltillo <sup>¶</sup>	47-50	28.9

<sup>†</sup>con excepción de Michoacán 128 proporcionada por el Dr. Salvador Miranda Colín (Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas) las demás variedades fueron proporcionadas por el Programa de Frijol, Campo Experimental del Bajío (INIFAP), Celaya, Guanajuato; <sup>¶</sup>cultivares con tolerancia a sequía, <sup>§</sup>alto rendimiento, <sup>††</sup>susceptible a sequía; <sup>¶¶</sup>criollo proveniente de Michoacán y de bajo rendimiento.

## Mediciones de estructuras del embrión

### Características evaluadas en semilla

Se determinó el porcentaje de humedad de la semilla de cada variedad con un medidor de humedad (Modelo MB45, OHAUS) en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Para la separación del CEE se seleccionaron 20 semillas con biomasa individual de 200, 260 y 320  $\pm$  5 mg para ello se usó una balanza analítica (precisión de 0.0001 g). Se seleccionaron estas biomazas debido a que las variedades seleccionadas mostraron estos rangos en la biomasa de semilla (mínimo, máximo y promedio). En revisiones relacionadas al tema se mencionó que se han escogido para este tipo de trabajos semillas de variedades por biomasa de 100 semillas.

En el presente estudio se parte de la premisa que en la biomasa individual de 100 semillas no es homogénea cuando son muestreadas al azar, así pueden haber semillas en dicha muestra de todas las biomazas posibles desde una biomasa máxima y mínima de la variedad. En el presente estudio se hizo un corte en la testa a la semilla (con ayuda de un bisturí) para separar los cotiledones y al exponer el CEE se tomaron imágenes de las 20 semillas de los nueve cultivares, de las tres biomazas en un fotomicroscopio Tessoar con cámara digital para microscopía (Pax cam 3, Carl Zeiss) (Laboratorio de Morfología de Insectos, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas).

used. These biomasses were selected because the varieties showed these ranges in seed biomass (minimum, maximum and average). In research made regarding this topic was mentioned that for this type of work have been chosen seed varieties for biomass of 100 seeds.

The present study is based on the premise that individual biomass of 100 seeds is not homogeneous when sampled at random, so there may be seeds in the sample of all possible biomass from maximum and minimum biomass of the variety. In the present study, a cut was made in the seed testa (using a scalpel) to separate the cotyledons and exposing the CEE, images of 20 seeds of nine cultivars of the three biomasses were taken on a photomicroscope Tessoar with digital camera for microscopy (Pax cam 3 Carl Zeiss) (Laboratory of Insect Morphology, Graduate College of Agricultural Science).

With the same 20 seeds of each of the varieties, the testa was separated from the cotyledons to determine the biomass and percentage that this accounted for the seed; this was done for the three groups of seeds with different biomass. The percentage of CEE regarding the embryo was calculated. To measure the CEE was used the program Image Tool for Windows (Wilcox *et al.*, 2002). The evaluated characteristics were: length of the hypocotyl-root axis (LHR, mm), width of the hypocotyl-root axis (AHR, mm) leaf area of the first two leaves (AFPH, mm<sup>2</sup>).

Con las mismas 20 semillas de cada una de las variedades se separó la testa de los cotiledones para determinar la biomasa y porcentaje que ésta representó de la semilla, esto se hizo para los tres grupos de semillas con biomasa diferente. El porcentaje del CEE con respecto al embrión fue calculado. Para medir el CEE se utilizó el programa Image Tool para Windows (Wilcox *et al.*, 2002). Las características evaluadas fueron: longitud del eje hipocótilo-radicular (LHR, mm), anchura del eje hipocótilo-radicular (AHR, mm), área foliar de las dos primeras hojas (AFPH, mm<sup>2</sup>).

Esto se midió con la longitud y la anchura de una mitad de la cara de la hoja simple visible y multiplicado por cuatro, y posteriormente por 0.62 (este valor se obtuvo con hojas en estado de plántula medidas con regla por el largo y ancho de las mismas variedades, de las que se midieron las dos hojas simples, de 10 plantas, de cinco variedades. Posteriormente se llevaron a un medidor de área foliar marca LI-COR modelo LI-3100, en el cual se obtuvo el valor real.

Con los datos tomados con la regla al multiplicar el largo y el ancho y los datos del medidor del área foliar se hizo una regresión lineal simple del cual se obtuvo el valor de la abscisa como el valor así obtener el área foliar en mm<sup>2</sup> (Figura 1). Se separaron las diferentes estructuras de CEE y se obtuvo la biomasa del eje hipocótilo-radicular (BHR, mg), las dos primeras hojas (BHS, mg) y la suma de ambas estructuras correspondió a la biomasa total del CEE (BTE, mg). El cociente hipocótilo radicular/primeras hojas (CRH) fue calculado con la biomasa del eje hipocótilo-radicular (BHR, mg), representa a la raíz, y la biomasa total de las dos primeras hojas (BHS, mg).

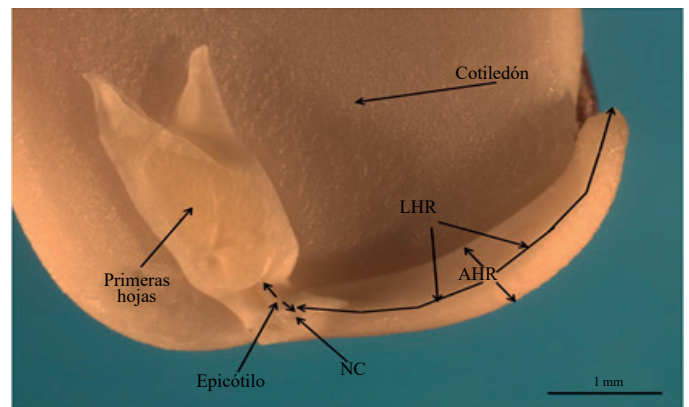
## Experimento de vigor en plántula

### Características evaluadas en plántula

En la siembra se emplearon tubos de PVC de 10.5 cm de diámetro y 50 cm de altura, los cuales se llenaron con suelo. En cada tubo se sembraron tres semillas de la misma biomasa individual ( $260 \pm 5$  mg) a una profundidad de 3 cm. Las variedades se asignaron en un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió en tres plántulas en un tubo con suelo. El suelo empleado fue de textura franco-arenoso [densidad aparente=  $1 \text{ (g cm}^{-3}\text{)}$ , pH= 6.9, materia orgánica= 9%], previamente tratado con calor a una temperatura de 70 °C durante 2 h. Se aplicaron riegos frecuentes, mantenido el contenido de humedad edáfica cercano a capacidad de

This was measured with the length and width of one half of the visible face from a simple leaf and multiplied by 4 and then by 0.62 (this value was obtained with leaves at seedling stage measured with a rule by length and width of the same varieties, of which the two single leaves were measured from 10 plants of five varieties. subsequently were taken to a leaf area meter LI-COR model LI-3100, in which the actual value was obtained.

With data taken with the rule by multiplying the length and width and data from the leaf area meter a simple linear regression was made, from which the value of the abscissa, thus obtain leaf area in mm<sup>2</sup> (Figure 1). The different structures of CEE were separated and obtained the biomass from the hypocotyl-root axis (BHR, mg), the first two sheets (BHS, mg) and the sum of both structures corresponded to the total biomass of the CEE (BTE, mg). Hypocotyl root / first leaves (CRH) ratio was calculated with the biomass of the hypocotyl-root axis (BHR, mg), represents the root and total biomass of the first two leaves (BHS, mg).



**Figura 1.** Complejo del eje embrionario y las estructuras que lo constituyen. LHR= longitud del eje hipocótilo-radicular; AHR= ancho del eje hipocótilo-radicular; NC= nudo cotiledonal. Fotografía tomada al fotomicroscopio por Jorge Valdez.

**Figure 1.** Embryonic axis complex and structures that form them; LHR=length of the hypocotyl-root axis; AHR= width of the hypocotyl-root axis; NC= cotyledon node; picture taken in the photomicroscope by Jorge Valdez.

## Experiment for seedling vigor

### Characteristics evaluated in seedling

At planting PVC pipe of 10.5 cm diameter and 50 cm height were used, which were filled with soil. In each tube three seeds of the same individual biomass ( $260$

campo durante el experimento. Las plántulas crecieron bajo temperaturas máximas y mínimas promedio de 29.6 °C y 7.7 °C y fotoperiodo de 13.03.

### Análisis de crecimiento

Se cosecharon plántulas completas a los 7, 11, 15, 19 y 23 días después de la siembra (dds) en las cuatro repeticiones y en cada plántula se determinó la longitud de la raíz principal (LRP, cm), número y longitud de las raíces adventicias (NRA y LRA, cm) y el área foliar (AF, cm<sup>2</sup>) que fue determinada con un integrador de área foliar (marca LI-COR, modelo LI-3100). Los diferentes órganos de las plántulas se secaron en una estufa con circulación de aire forzado (marca RIOSSA, modelo HS 82) a una temperatura de 70 °C durante 72 h, para determinar la biomasa seca total de raíces (BSTR, mg), biomasa seca de hojas (BSH, mg), biomasa seca de tallo (BST, mg) y biomasa seca de los pecíolos (BSP, mg).

Con los datos obtenidos se calculó la longitud total de raíces [LTR= raíz principal + raíces adventicias + (raíces laterales de primer orden, segundo orden, tercer orden, entre otras), cm], biomasa seca de la parte aérea [(BSPA= BSH + BST + BSP), mg] y cociente raíz/parte aérea (CRPA= BSTR/BSPA).

### Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar ( $Y_{ij} = \mu + V_i + B_j + E_{ij}$ ) para cada variable en forma individual para los tres grupos de semilla y para los diferentes órganos medidos en la plántula. Para el análisis combinado de las diferentes variables se utilizó un diseño experimental completamente al azar en un arreglo de tratamientos factorial, en el cual los factores la biomasa de las semillas y los cultivares ( $Y_{ijk} = \mu + V_i + B_j + VB_{ij} + E_{ijk}$ ). La prueba de comparación de medias se realizó con Tukey (DSH,  $p \leq 0.05$ ). La comparación entre las razas se hizo con la prueba de Scheffé ( $p \leq 0.05$ ). Todos los análisis se hicieron con el programa SAS (SAS, 2006).

## Resultados y discusión

### Humedad y porcentaje de testa en la semilla

La humedad en la semilla fluctuó entre 11.3 y 12.2% entre los cultivares. El porcentaje de testa fue 8.3% para la raza Durango (Pt Villa y Pt Saltillo) y 7.8% para la raza Jalisco

$\pm 5$  mg) to a depth of 3 cm were planted. The varieties were assigned to an experimental design of randomized complete block with four replications. The experimental unit consisted of three seedlings in a tube with soil. The soil used was sandy loam [bulk density= 1 (g cm<sup>-3</sup>), pH= 6.9, organic matter= 9%], previously treated with heat at a temperature of 70 °C for 2 h. Frequent irrigations were applied, maintaining the soil moisture content near to field capacity throughout the experiment. Seedlings grew under average minimum and maximum temperatures of 29.6 °C and 7.7 °C and photoperiod of 13.03.

### Growth analysis

Whole seedlings were harvested at 7, 11, 15, 19 and 23 days after planting (dds) in four replications and to each seedling was determined the length of the main root (LRP, cm), number and length of adventitious roots (NRA and LRA, cm) and leaf area (LA, cm<sup>2</sup>) was determined with a leaf area meter (LI-COR brand, model LI-3100). The different organs of the seedlings were dried in an oven with forced air circulation (RIOSSA, model HS 82) at a temperature of 70 °C for 72 h, to determine the total dry biomass of roots (BSTR, mg), dry biomass of leaves (BSH, mg), dry biomass of stem (BST mg) and dry biomass of petioles (BSP, mg).

With the data obtained, total length of roots [LTR= main root + adventitious roots + (lateral roots of first, second, third order, among other), cm] dry biomass of the aerial part [(BSPA= BSH + BST + BSP) mg] and root / shoot (CRPA= BSTR / BSPA) ratio were calculated.

### Statistical analysis

The analysis of variance was made under an experimental design of randomized complete block ( $Y_{ij} = \mu + V_i + B_j + E_{ij}$ ) for each variable individually for the three groups of seed and for the different organs measured in the seedling. For the combined analysis of the different variables a randomized complete experimental design in a factorial treatment arrangement, in which biomass factors of seeds and cultivars ( $Y_{ijk} = \mu + V_i + B_j + VB_{ij} + E_{ijk}$ ). The comparison of means test was made using Tukey (HSD,  $p \leq 0.05$ ). The comparison between the races was made with Scheffe ( $p \leq 0.05$ ). All analyzes were made with SAS (SAS, 2006).

(representada por el resto de las variedades), siendo 8.1% el promedio de ambas razas. Celis-Velázquez *et al.* (2008) y Celis-Velázquez *et al.* (2010) mencionaron que la biomasa seca de la testa representó entre el 11.8 y 20.4% del total de la semilla de frijol entre silvestres y mejorados, teniendo los valores menores de testa los materiales mejorados; por otra parte Peña-Valdivia *et al.* (1999) y Díaz *et al.* (1999) mencionaron que los cultivares presentaron porcentaje medio de la testa de 9%; y coincidió con el presente trabajo y que podría variar dependiendo de la raza y de la variedad en estudio.

### Complejo del eje embrionario (CEE)

La mayor biomasa total del CEE (BTE) correspondió a las variedades con mayor biomasa de la semilla. Dentro de variedades la BTE, BHS y BHR fue directamente proporcional a la biomasa de la semilla (Cuadro 2). En lo referente al porcentaje de la biomasa de las primeras hojas (PBHS) y porcentaje del eje hipocótilo-radicular (PBHR) con respecto a la BTE, fue constante a través de las tres biomásas de semilla (200, 260 y 320 mg). El menor PBHS y en consecuencia el mayor PBHR, lo mostró la variedad FM Corregidora y al contrario el mayor PBHS y menor PBHR lo presentó la variedad criolla Michoacán 128.

**Cuadro 2. Biomasa total del complejo eje embrionario (BTE), biomasa de las primeras hojas (BHS), biomasa del eje hipocótilo-radicular (BHR), y biomasa de las primeras hojas (PBHS), biomasa hipocótilo-radicular (PBHR) con respecto a la BTE en diversas variedades de frijol. 2007.**

**Table 2. Total biomass of the embryonic axis complex (BTE), first leaves biomass (BHS), hypocotyl-root axis biomass (BHR) and first leaves biomass (PBHS), hypocotyl-root biomass (PBHR) in relation to BTE in different bean varieties. 2007.**

Variedades	Biomasa de semilla (mg)	BTE (mg)	BHS (mg)	BHR (mg)	PBHS (%)	PBHR (%)
FM Bajío	200	3.03	0.65	2.38	21.5	78.5
	260	3.68	0.78	2.9	21.2	78.8
	320	3.77	0.83	2.94	22	78
	DHS ( $p \leq 0.05$ )	0.15	0.14	0.1	-	-
FM Corregidora	200	3.42	0.56	2.86	16.4	83.6
	260	3.9	0.68	3.22	17.4	82.6
	320	5.01	0.9	4.11	18	82
	DHS ( $p \leq 0.05$ )	0.45	0.13	0.32	-	-
Michoacán 128	200	2.82	0.63	2.19	22.3	77.7
	260	3.34	0.7	2.64	21	79
	320	3.68	0.83	2.85	22.6	77.4
	DHS ( $p \leq 0.05$ )	0.28	0.14	0.14	-	-
FM RMC	200	3.74	0.71	3.03	19	81
	260	4.62	1	3.62	21.6	78.4
	320	5.34	1.1	4.24	20.6	79.4
	DHS ( $p \leq 0.05$ )	0.48	0.16	0.32	-	-
FJ Marcela	200	3.16	0.6	2.56	19	81
	260	3.74	0.71	3.03	19	81
	320	4.7	0.82	3.88	17.4	82.6
	DHS ( $p \leq 0.05$ )	0.45	0.04	0.41	-	-

## Results and discussion

### Humidity and percentage of testa in the seed

The seed moisture fluctuated between 11.3 and 12.2% among cultivars. The percentage of testa was 8.3% for Durango (Pt Villa and Pt Saltillo) and 7.8% for Jalisco (represented by the rest of the varieties), being 8.1% the average of both races. Celis-Velázquez *et al.* (2008) and Celis-Velázquez *et al.* (2010) mentioned that dry biomass of the testa represented between 11.8 and 20.4% of the total of bean seed between native and improved, having the lowest values of testa the improved materials; Moreover Peña-Valdivia *et al.* (1999) and Díaz *et al.* (1999) reported that cultivars presented 9% of intermediate average percentage; coinciding with the present work and it could vary depending on the race and variety of study.

### Embryonic axis complex (CEE)

The highest total biomass of CEE (BTE) corresponded to the varieties with higher seed biomass. Within varieties, BTE, BHS and BHR were directly proportional to seed

Los cotiledones representaron entre 98.2 y 98.5% de la biomasa del embrión, lo cual no presentó variación alguna de las variedades y razas (Cuadro 3), al respecto Díaz *et al.* (1999) y Celis-Velázquez *et al.* (2008) encontraron entre 98 y 98.7% pero con respecto a la semilla, estos últimos autores mencionaron que los cultivares estudiados fueron estadísticamente similares. Para genotipos y las diferentes biomasa de semilla se encontraron diferencias ( $p \leq 0.01$ ) en el tamaño ( $\mu\text{m}$ ) y BTE (mg).

Semillas de 320 mg tuvieron la más alta BTE que las semillas de 260 y 200 mg, esto fue debido a una alta BHS y al BHR (Cuadro 3); resultados similares con respecto a la biomasa del embrión han sido reportados por Peña-Valdivia *et al.* (1999) encontrando la existencia de correlaciones positivas y altamente significativas entre la biomasa de los cotiledones, el eje embrionario y el de la testa de las semillas de frijol domesticado, lo cual en nuestro trabajo se reafirma que semillas de mayor biomasa, también tuvieron mayor BTE. Una relación positiva entre la biomasa de la semilla y el embrión se ha encontrado también en cultivos como frijol mungo (*Vigna radiata*) (Dharmalingam y Basu, 1987) y cereales de grano pequeño (López-Castañeda *et al.*, 1996).

biomass (Table 2). Regarding to the percentage of biomass of the first leaves (PBHS) and percent of the hypocotyl-root axis (PBHR) in relation to BTE, was consistent across the three seed biomasses (200, 260 and 320 mg). The minor PBHS and the major PBHR was FM Corregidora and unlike the major PBHS and minor PBHR was the landrace Michoacán 128.

Cotyledons represented between 98.2 and 98.5% of the embryo biomass, which presented no variation of varieties and races (Table 3), in this regard Díaz *et al.* (1999) and Celis - Velázquez *et al.* (2008) found between 98 and 98.7%, but in relation to the seed; the latter authors mention that the studied cultivars were statistically similar. For genotypes and the different seed biomass, differences ( $p \leq 0.01$ ) in size ( $\mu\text{m}$ ) and BTE (mg) were found.

Seeds of 320 mg had the highest BTE than seeds of 260 and 200 mg, this was due to a high BHS and BHR (Table 3); similar results in relation to the biomass of the embryo have been reported by Peña-Valdivia *et al.* (1999) found the existence of positive correlations and highly significant between the biomass of cotyledons, the embryonic axis and seed testa of domesticated beans, which in our work

**Cuadro 3. Características de semillas de biomasa diferente. Los números representan el promedio de cinco cultivares de frijol. Montecillo, México. 2007.**

**Table 3. Characteristic of different seed biomass; the numbers represent the average of five bean cultivars. Montecillo, Mexico. 2007.**

Peso de semilla (mg)	BTE (mg)	PCE (%)	PCoE (%)	BHR (mg)	BHS (mg)	C RH	AFPH (mm <sup>2</sup> )	LHR (mm)	AHR (mm)
320	4.5	1.5	98.5	3.6	0.9	4	8.6	4.9	0.87
260	3.87	1.6	98.4	3.13	0.74	4.2	7.2	4.4	0.84
200	3.23	1.8	98.2	2.57	0.66	3.9	6.4	4	0.79
DHS ( $p \leq 0.05$ )	0.17	-	-	0.17	0.6	0.4	0.5	0.1	0.04

Para cuadros= biomasa total del complejo del eje embrionario (BTE, mg); porcentaje del CEE con respecto al embrión (PCE); porcentaje de los cotiledones con respecto al embrión (PCoE); biomasa del eje hipocótilo-radicular (BHR, mg); biomasa total de las dos primeras hojas (BHS, mg); cociente del BHR-BHS (CRH); área foliar de las dos primeras hojas (AFPH, mm<sup>2</sup>); longitud del eje hipocótilo-radicular (LHR, mm) y ancho del eje hipocótilo-radicular (AHR, mm).

El CEE de semillas de 320 mg mostró el más alto valor en cuanto al AFPH y la LHR, que los de semillas de 260 mg. Estas últimas tuvieron el más alto valor de AFPH, LHR y AHR, que el CEE de semillas con 200 mg (Cuadro 3). El porcentaje del CEE y de los cotiledones mostró que entre mayor fue la biomasa de la semilla menor valor presentó el porcentaje del CEE. Pearson y Miklas (1992) reportaron que variedades de semillas pequeñas de frijol de origen tropical emergieron de manera superior en comparación con las de tamaño mediano y grande, de acuerdo con lo

confirms that seed with higher biomass also had higher BTE. A positive relationship between seed and embryo biomass has been found in crops such as mung bean (*Vigna radiata*) (Dharmalingam and Basu, 1987) and small grain cereals (López-Castañeda *et al.*, 1996).

The CEE of 320 mg seeds showed the highest value in regard to AFPH and LHR, than seeds of 260 mg. The latter had the highest value of AFPH, LHR and AHR, than CEE seed with 200 mg (Table 3). The percentage of CEE and cotyledons



encontrado en el presente trabajo posiblemente se deba a que tuvieran un mayor porcentaje del complejo del eje embrionario (PCE).

Para algunas variedades de frijol de semilla pequeña en el trópico indirectamente a resultado que al seleccionar por biomasa de semilla de menor tamaño, se tenga germoplasma con un sistema radical superior (Kuruvadi *et al.*, 1988). Variedades de semilla pequeña, se han relacionado con mayor vigor y negativamente con rendimiento (White *et al.*, 1992; Sexton *et al.*, 1994). Entonces el mayor vigor de una variedad estaría relacionado con la biomasa promedio de la semilla, que le conferiría un mayor tamaño del CEE o por el contrario, el tamaño del eje embrionario podría conferir el mayor vigor, y por lo tanto un crecimiento mayor de órganos en forma rápida. Las características morfológicas en el CEE pueden ayudar a identificar variedades con adaptación en ambientes de secano o con problemas de humedad en la etapa de plántula.

En cuanto al CRH en las diferentes biomasa no mostró diferencias significativas, esta relación se mantuvo de forma regular a través de las diferentes biomasa de la semilla (Cuadro 3).

Las variedades FM RMC y FM Corregidora tuvieron la más alta BTE que FJ Marcela, FM Bajío y Michoacán 128; la alta BTE de FM RMC fue debido a una alta BHS, BHR, además, presentó la más alta AFPH y AHR, mientras que la alta BTE de FM Corregidora fue debido al mayor AHR y LHR. Para CRH, el mayor valor lo presentaron las variedades FJ Marcela y FM Corregidora, lo que indicó que en el CEE, la BHR ocupó la mayor proporción siendo éste el que da origen a la raíz y al hipocótilo, de ahí su gran importancia en la etapa de plántula en la absorción de agua y nutrientes para un rápido establecimiento (Cuadro 4).

showed that the higher seed biomass was a lower value had the percentage of the CEE. Pearson and Miklas (1992) reported that varieties of small bean seeds varieties of tropical origin emerged superiorly compared to medium and large size; according to the findings in this study, this may be because they had a higher percentage of embryonic axis complex (PCE).

For some bean varieties of small seed in the tropics indirectly gives as result that selecting by seed biomass of smaller seed, results in germplasm with superior radical system (Kuruvadi *et al.*, 1988). Small seed varieties have been associated with greater vigor and negatively with yield (White *et al.*, 1992; Sexton *et al.*, 1994.). Then greater vigor of a variety would be related to the average seed biomass, which would confer a higher size of CEE or otherwise, the size of the embryonic axis may confer greater vigor and therefore a higher growth of organs more rapidly. The morphological characteristics in CEE can help identify varieties with adaptation under ainfed environments or with moisture problems in the seedling stage.

Regarding CRH in different biomass showed no significant difference, this relationship is maintained regularly through the different seed biomass (Table 3).

FM RMC and FM Corregidora varieties had the highest BTE than FJ Marcela, FM Bajío and Michoacán 128; the high BTE from FM RMC was due to a high BHS, BHR, also presented the highest AFPH and AHR, while the high BTE from FM Corregidora was due to a higher AHR and LHR. For CRH, the highest value were for varieties FJ Marcela and FM Corregidora, indicating that in CEE, BHR occupied the highest proportion being this the one giving origin to

**Cuadro 4. Características de cinco variedades de frijol. 2007.**

**Table 4. Characteristics of five bean varieties. 2007.**

Variedad	BTE (mg)	PCE (%)	PCoE (%)	BHR (mg)	BHS (mg)	C RH	AFPH (mm <sup>2</sup> )	LHR (mm)	AHR (mm)
FM RMC	4.57	1.9	98.1	3.62	0.95	3.8	8.9	4.6	0.95
FM Corregidora	4.13	1.7	98.3	3.45	0.68	5.1	6.6	4.7	0.75
FJ Marcela	3.87	1.6	98.4	3.13	0.74	4.2	6.8	4.4	0.87
FM Bajío	3.49	1.5	98.5	2.74	0.75	3.7	7.2	4.4	0.75
Michoacán 128	3.28	1.4	98.6	2.56	0.72	3.6	6.8	4.1	0.84
Promedio general	3.87	1.6	98.4	3.1	0.77	4	7.3	4.4	0.83
DHS ( $p \leq 0.05$ )	0.25	-	-	0.25	0.09	0.8	0.7	0.2	0.06

Cada valor en el cuadro representó el promedio de 60 datos (20 para cada biomasa de semilla, n= 60).

Comparando las variedades, FM RMC susceptible y FM Corregidora tolerante a la sequía, se observó que difirieron en la BTE, pero tuvieron similar BHR. La variedad con tolerancia a sequía presentó un menor AHR que la variedad susceptible a sequía. La mayor BTE lo obtuvo FM RMC y además el mayor BHS. Esta variedad en general mostró valores altos para todas las características y se ha clasificado como susceptible a la sequía. Por otro lado, el CRH de FM RMC mostró un valor bajo con respecto a FM Corregidora tolerante a sequía que tuvo un alto valor (Cuadro 4).

Las correlaciones ( $n=5$ ) entre BTE fueron positivas y altamente significativa ( $r=0.98^{**}$ ) con el BHR y AHR, y significativo ( $r=0.84^*$ ) con la LHR. También, la BTE mostró una relación positiva y altamente significativa ( $r=0.94^{**}$ ) y ( $r=0.92^{**}$ ) con la biomasa de cotiledones y la biomasa de testa, respectivamente. Esto indicó que la biomasa y anchura del eje hipocótilo-radicular fue una característica importante que constituyó la mayor proporción al CEE y por consiguiente podría tener gran importancia en el vigor inicial.

#### Comparación entre las razas Durango y Jalisco

Las variedades Pt Villa de la raza Durango, FM M38 y Anita de la raza Jalisco, mostraron mayor BTE que la variedad Pt Saltillo de la raza Durango; la alta BTE de Pt Villa se debió a una alta BHR, en tanto, que la alta BTE de FM M38 y Anita se debió a una alta BHR y BHS. La variedad FM Anita, además de presentar una alta BTE, también mostró el mayor AHR, característica morfológica del embrión, que podría reflejarse en un mayor diámetro de raíz en la planta (Cuadro 5). Por ejemplo, la variedad Pt Villa fue considerada como resistente a sequía y presentó alto valor en AFPH, BHR, CRH, y menor AHR. Mientras que la variedad FM Anita fue de porte semi-erecto (Castellanos *et al.*, 2003) y presentó alto valor para AFPH, BTE, PCE, BHS.

the root and to the hypocotyl, hence its great importance in the seedling stage in the absorption of water and nutrients for rapid establishment (Table 4).

Comparing the FM RMC susceptible and FM Corregidora drought tolerant, was observed that differed in BTE, but had a similar BHR. The drought-tolerant variety showed a lower AHR than the drought susceptible variety. The FM RMC had the highest BTE and BHS. This variety overall showed higher values for all the characteristics and has been classified as susceptible to drought. Moreover, the CRH of FM RMC showed a low value compared to FM Corregidora drought tolerant that had a high value (Table 4).

Correlations ( $n=5$ ) between BTE were positive and highly significant ( $r=0.98^{**}$ ) with BHR and AHR, and significant ( $r=0.84^*$ ) with LHR. Also, BTE showed a positive and highly significant relationship ( $r=0.94^{**}$ ) and ( $r=0.92^{**}$ ) with biomass of cotyledons and biomass of testa, respectively. This indicated that biomass and width of the hypocotyl-root axis was an important characteristic that constituted the highest proportion of the CEE and therefore could be important in the initial vigor.

#### Comparison between Durango and Jalisco races.

Varieties Pt Villa of the Durango race, FM M38 and Anita of the Jalisco race, showed higher BTE than variety Pt Saltillo of Durango race; the high BTE of Pt Villa was due to a high BHR, meanwhile, the high BTE of FM M38 and Anita was due to a high BHR and BHS. The variety FM Anita, besides presenting a high BTE, also showed the highest AHR, morphological characteristic of the embryo that could be reflected in a greater root diameter on the plant (Table 5). For example, the variety Pt Villa was considered resistant to drought and showed a high value in AFPH, BHR, CRH,

#### Cuadro 5. Características de cuatro variedades de frijol de diferentes razas. 2007.

Table 5. Characteristics of four bean varieties of different races. 2007.

Raza/Variiedad	BTE (mg)	PCE (%)	BHR (mg)	BHS (mg)	C RH	AFPH (mm <sup>2</sup> )	LHR (mm)	AHR (mm)
<b>Durango</b>								
Pt Saltillo	3.67	1.53	3.06	0.61	5	7.1	4.8	0.9
Pt Villa	4.03	1.68	3.44	0.59	5.8	7.6	5	0.89
<b>Jalisco</b>								
FM M38	3.99	1.67	3.33	0.66	5	7.2	4.9	0.93
FM Anita	4.14	1.73	3.35	0.79	4.2	7.6	4.9	1.07
DHS ( $p \leq 0.05$ )	0.17	-	0.29	0.13	0.6	1.2	0.2	0.08

Las semillas de 320 mg tuvieron mayor biomasa total del CEE, BHR, BHS, y AFPH, LHR y AHR, que las semillas de 260 y 200 mg en las razas Durango y Jalisco. La mayor BTE en la raza Jalisco, se debió a una mayor BHS y además de un mayor AHR. La BTE, BHR, AFPH y LHR no mostraron diferencias significativas entre razas, pero sí entre la BHS y AHR siendo la raza Durango la que presentó los menores valores. El AHR podría ser importante ya que estuvo relacionado con las variedades con tolerancia a sequía y que presentaron un valor significativamente menor. En la raza Durango el AFPH fue más alto que en la raza Jalisco pero no significativo (Cuadro 6). La BTE de la raza Durango obtuvo menor valor que la raza Jalisco; para ambas razas el CRH tendió a aumentar significativamente con la menor biomasa de semilla. La raza Durango tuvo un mayor CRH que podría ser uno de los atributos importantes que le confirió la tolerancia a sequía.

and lower AHR. While the variety FM Anita was of a semi-erect growth habit (Castellanos *et al.*, 2003) and showed high value for AFPH, BTE, PCE, BHS.

The seeds of 320 mg had greater total biomass of CEE, BHR, BHS, and AFPH, LHR and AHR than seeds of 260 and 200 mg in Durango and Jalisco races. Most BTE in Jalisco race was due to higher BHS and in addition to higher AHR. BTE, BHR, AFPH and LHR showed no significant differences between races, but there were significant differences between BHS and AHR being the Durango race which presented the lowest values. AHR could be important because it was associated with drought tolerant varieties and had a significantly lower value. In the Durango race AFPH was higher than in the Jalisco race but not significant (Table 6). The BTE of Durango race obtained a lower

#### Cuadro 6. Características de semillas de las razas Jalisco y Durango. 2007.

Table 6. Characteristics of seeds of Jalisco and Durango races. 2007.

Razas <sup>†</sup>	BTE (mg)	PCE (%)	BHR (mg)	BHS (mg)	C RH	AFPH (mm <sup>2</sup> )	LHR (mm)	AHR (mm)
<b>Durango</b>								
320	4.53	1.5	3.77	0.76	5	9.3	5.3	0.92
260	4.09	1.7	3.45	0.64	5.4	7.7	5.1	0.89
200	3.4	1.8	2.9	0.5	6	6.7	4.3	0.87
Media	4.01	1.7	3.37	0.63	5.47	7.9	4.9	0.89
DHS( $p \leq 0.05$ ) <sup>‡</sup>	0.39	0.15	0.34	0.12	0.5	1.5	0.2	0.09
<b>Jalisco</b>								
320	4.53	1.5	3.67	0.86	4.3	7.9	5	1.02
260	4.19	1.8	3.46	0.73	4.7	7.7	4.9	1.01
200	3.5	1.9	2.91	0.59	4.9	6.6	4.8	0.97
Media	4.08	1.7	3.35	0.73	4.6	7.4	4.9	1
DHS( $p \leq 0.05$ ) <sup>‡</sup>	0.26	0.11	0.24	0.09	0.4	0.6	0.2	0.09
DHS( $p \leq 0.05$ ) <sup>§</sup>	0.31	0.6	0.26	0.08	0.5	0.7	0.2	0.05

<sup>†</sup>Para comparar genotipos dentro de razas y <sup>‡</sup>para comparar razas. <sup>‡</sup>razas propuestas por Singh *et al.*, 1991.

En cereales un mayor tamaño de las hojas primarias y los meristemas que dan origen a las raíces primarias, al momento de la emergencia de la plántula fueron características morfológicas de gran importancia, para el establecimiento y crecimiento inicial del cultivo (López-Castañeda *et al.*, 1996). La BTE, BHR, BHS y AHR fueron las características del CEE que mostraron diferencias entre razas de frijol y entre variedades dentro de razas; estas características podrían contribuir a identificar variedades que se adapten mejor a las condiciones de deficiencias hídricas en los ambientes de secano, sobre todo cuando la sequía se presentó en la etapa inicial de crecimiento y desarrollo del cultivo.

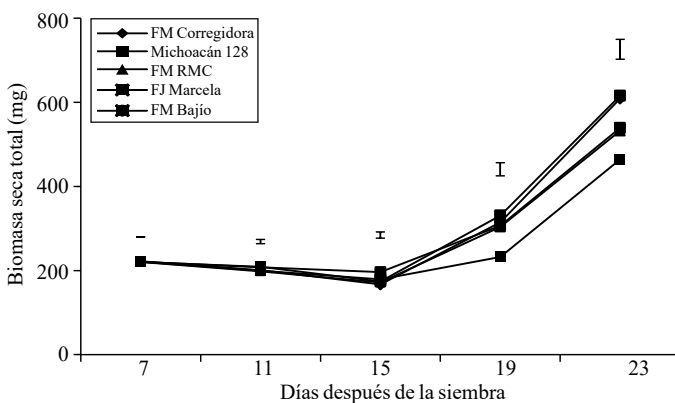
value than the Jalisco race; for both races CRH tended to increase significantly with less seed biomass. The Durango race had higher CRH that could be one of the important attributes that conferred drought tolerance.

In cereals a greater size of the primary leaves and meristems that give rise to the primary roots, at the time of seedling emergence were morphological characteristics of great importance for the establishment and initial growth of the crop (López-Castañeda *et al.*, 1996). BTE, BHR, BHS and AHR were the characteristics of CEE that showed differences between races and between bean varieties

### Biomasa seca total de plántula (parte aérea y raíz)

La biomasa seca total de la plántula (BSTR + BSPA) mostró diferencias ( $p \leq 0.01$ ) desde los 11 a 23 dds. En el último muestreo, FJ Marcela y FM Corregidora mostraron la mayor ( $p \leq 0.01$ ) biomasa seca total de la plántula. FM Corregidora siempre fue constante en su desarrollo y obtuvo significativamente los mayores valores, a comparación de FJ Marcela, que en las últimas dos cosechas (19 y 23 dds) logró sobrepasar a todas las demás variedades. FM Bajío fue una variedad que mayor valor ( $p \leq 0.05$ ) presentó, excepto en el último muestreo.

La variedad criolla Michoacán 128 en todos los muestreos presentó el valor más bajo ( $p \leq 0.01$ ) para biomasa seca total de la plántula. Se observó, que en estas variedades en el lapso de 15 a 19 dds se comportaron como autótrofas, ya que después de haber disminuido su biomasa seca en promedio de todas las variedades 33%, a los 19 dds incrementaron 14% de la biomasa inicial. FJ Marcela fue la variedad que perdió más biomasa (15 dds) y la que se recuperó más rápidamente (Figura 2). Asimismo, fue la que más biomasa total de plántula registró en los muestreos subsecuentes. Se ha observado que en cereales (López-Castañeda *et al.*, 1996) esto ocurre como lo encontrado en frijol (Figura 2) en el presente estudio, alrededor de los 15 dds (150 grados-día).



**Figura 2. Biomasa seca total (mg) de plántula completa muestreada entre los 7 a los 23 días después de la siembra, en cinco variedades. Montecillo, México. 2007.**

**Figure 2. Total dry biomass (mg) of whole seedling sampled between 7 to 23 days after sowing, in five varieties. Montecillo, Mexico. 2007.**

within races; these characteristics could contribute to identify varieties that are better adapted to the conditions of water deficiency under rainfed environments, especially when drought occurred in the initial stage of growth and crop development.

### Total dry biomass of seedling (shoots and roots)

Total dry biomass of seedling (BSTR + BSPA) showed differences ( $p \leq 0.01$ ) from 11 to 23 das. In the last sampling, FJ Marcela and FM Corregidora showed the highest ( $p \leq 0.01$ ) total dry biomass of seedlings. FM Corregidora was always constant in its development and obtained significantly higher values, compared to FJ Marcela that in the last two harvests (19 and 23 das) managed to exceed the rest of the varieties. FM Bajío was a variety that showed greater ( $p \leq 0.05$ ) value, except the last sampling.

In all samples landrace Michoacán 128 showed the lowest value ( $p \leq 0.01$ ) for total dry biomass of seedling. It was observed that in these varieties between 15 to 19 das behaved as autotrophic, since after declining their dry biomass on average to all varieties 33%, at 19 das, initial biomass increased 14%. FJ Marcela was the variety that lost more biomass (15 das) and but it recovered more rapidly (Figure 2). Also it had the highest total biomass of seedlings recorded in subsequent samplings. It has been observed that in cereals (López-Castañeda *et al.*, 1996), this occurs as found in bean (Figure 2) in the present study, about 15 das (150 degree - days).

### Relationship between CEE characteristics and seedling

As mentioned above the embryo in bean is whole seed except the testa. The total biomass of seedling (mg) and total biomass of the embryo (mg) had a high ratio ( $R^2 = 0.8428$ ) (Figure 3) so this correlation showed that higher biomass or seed size enables to obtain higher biomass of seedling or in other words larger seedlings are obtained with larger seeds.

Similarly the highest biomass of the embryonic axis complex allowed to obtain greater leaf area of seedlings, since this two variables were related significantly ( $R^2 = 0.6026$ ) (Figure 4), the above translates to higher exposure to radiation and transform this into a greater amount of photoassimilates, which could result in higher initial seedling vigor.

### Relación entre características del CEE y plántula

Como se mencionó anteriormente el embrión en frijol es toda la semilla a excepción de la testa. La biomasa total de plántula (mg) y la biomasa total del embrión (mg) tuvieron una alta relación ( $R^2= 0.8428$ ) (Figura 3), por lo que esta correlación mostró que la mayor biomasa o tamaño de la semilla permite obtener mayor biomasa de la plántula o en otras palabras plántulas de mayor tamaño se obtienen con semillas de mayor tamaño.

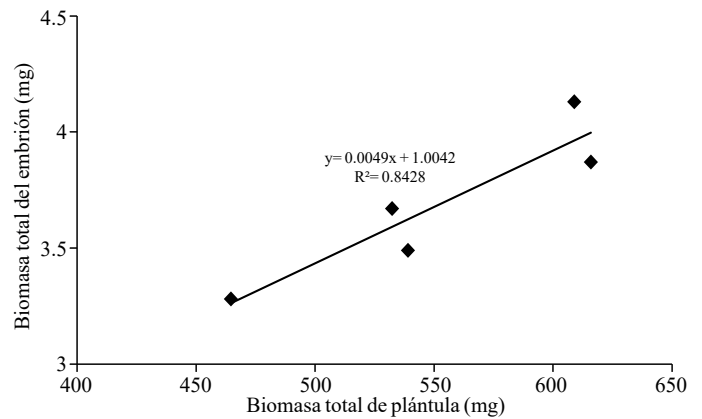
De la misma forma la mayor biomasa del complejo del eje embrional permitió obtener una mayor área foliar de plántula, ya que esta dos variables estuvieron relacionados significativamente ( $R^2= 0.6026$ ) (Figura 4), lo anterior se traduce a que permite capturar mayor radiación y esta convertirla a mayor cantidad de fotoasimilados, lo que podría resultar en plántulas de mayor vigor inicial.

### Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el experimento mediciones de semillas y de plántulas se concluye lo siguiente:

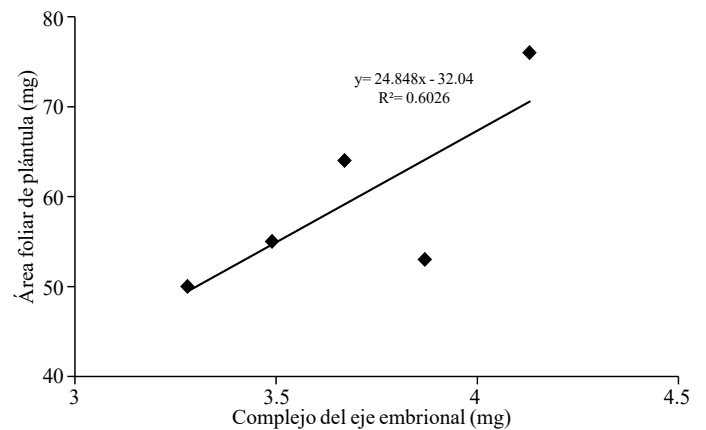
La biomasa de la semilla y de los cotiledones por una parte y la biomasa del complejo del eje embrionario por la otra, fueron inversamente proporcionales. En el complejo del eje embrionario las mayores diferencias ocurrieron en el tamaño y biomasa del eje hipocótilo-radicular. Las semillas de mayor tamaño presentaron estructuras del embrión de mayor tamaño, lo que se podría traducir a un mayor vigor en la semilla. La proporción del complejo del eje embrionario con relación a la biomasa de las semillas y del embrión de frijol fue mayor para las semillas de menor biomasa.

La raza Durango tolerante a sequía presentó la menor anchura del eje hipocótilo-radicular y mayor área foliar de las primeras hojas, por lo que podría traducirse a un mayor vigor inicial. Semillas de mayor tamaño permitieron obtener plántulas de mayor biomasa y con mayor área foliar lo que sugirió obtener plántulas de mayor vigor inicial.



**Figura 3. Relación entre la biomasa seca total de plántula muestreada a los 23 días después de la siembra y la biomasa total del embrión (mg), en cinco variedades comerciales de frijol. Montecillo, México. 2007.**

**Figure 3. Relation between total dry biomass of seedling sampled at 23 days after sowing and total biomass of the embryo (mg), in five commercial varieties of bean. Montecillo, Mexico. 2007.**



**Figura 4. Relación entre la biomasa total del complejo del eje embrional (mg) y el área foliar muestreada a los 23 días después de la siembra, en cinco variedades comerciales de frijol. Montecillo, México. 2007.**

**Figure 4. Relation between total biomass of the embryonic axis complex (mg) and leaf area sampled at 23 days after sowing, in five commercial varieties of beans. Montecillo, Mexico. 2007.**

### Conclusions

According to the results obtained from the seed and seedling measurements in the experiment was conclude:

## Literatura citada

- Bockstaller, C. and Girardin, P. 1994. Effects of seed size on maize growth from emergence to silking. *Maydica*. 39: 213-218.
- Castellanos, R. J. Z.; Guzmán, M. H.; Muñoz, R. J. J. y Acosta, G. J. A. 2003. Flor de Mayo Anita, nueva variedad de frijol para la región central de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 26:209-211.
- Celis-Velázquez, P.; Peña-Valdivia, C. B.; Luna-Cavazos, M.; Aguirre-Rivera, J. R.; Carballo-Carballo, A. y Trejo-López, C. 2008. Variabilidad morfológica seminal y del vigor inicial de germoplasma mejorado de frijol. *Agron. Mesoam.* 19:179-193.
- Celis-Velázquez, R.; Peña-Valdivia, C. B.; Luna-Cavazos, M. y Aguirre, R. J. R. 2010. Caracterización morfológica de las semillas y consumo de reservas durante la emergencia de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 27: 61-87.
- Dharmalingam, C. and Basu, R. N. 1987. Influence of seed size and seed color on the production potential of mungo bean cv CO 3. *Seed and Farms*. 13:16-20.
- Derieux, M.; Boardu, R.; Durburq, J. B. and Boizard, H. 1989. La crise de croissance de la plante de maïs à basse température. *Agronomie*. 9:207-212.
- Díaz Ruiz, R.; Kohashi Shibata, J.; Yáñez Jiménez, P. y Escalante Estrada, A. 1999. Crecimiento, asignación de materia seca y senescencia de plántulas de frijol común en oscuridad. *Agrociencia*. 33:313-321.
- Gray, D. and Steckel, J. R. A. 1983. Seed quality in carrots: the effects of seed crop plant density, harvest date and seed grading on seed and seedling variability. *J. Hort. Sci.* 58:393-401.
- Kuruvadi, S.; Hernández, F. F. y Galván, C. F. 1988. Diferencias varietales para características de plántula de frijol en dos medios de siembra. *Rev. Fitotec. Mex.* 11:133-141.
- Leishman, M. R.; Wright, I. J.; Moles, A. T. and Westoby, M. 2000. The evolutionary ecology of seed size. *In: Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Fenner, M. (Ed.). 2<sup>ed</sup>. CAB International. 31-57 pp.
- López-Castañeda, C.; Richards, R. A.; Farquhar, G. D. and Williamson, R. E. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. *Crop Sci.* 36:1257-1266.
- Martinelli, A. and Moreira de Carvalho, N. 1999. Seed size and genotype on maize (*Zea mays* L.) yield under different technology levels. *Seed Sci. Technol.* 27:999-1006.
- On one hand seed and cotyledons biomass and on the other hand the embryonic axis complex, were inversely related. In the embryonic axis complex the largest differences occurred in size and hypocotyl-root axis biomass. Bigger size seeds presented larger embryo structures, which could translate to greater vigor in the seed. The proportion of the embryonic axis complex in relation to the biomass of the seed and the embryo of bean was higher for seeds of lower biomass.
- The Durango race drought tolerant presented the smallest width of hypocotyl-root axis and greater leaf area of the first leaves, so it could turn into a higher initial vigor. Bigger size seeds allowed obtaining seedlings of higher biomass and greater leaf area, obtaining seedlings with higher initial vigor.

*End of the English version*



- Peña-Valdivia, C. B.; Hernández, G. E. R.; Bernal-Lugo, I. and Aguirre, R. J. R. 1999. Seed quality of a wild population and an improved cultivar of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) after storage. *Interciencia*. 24:8-14.
- Pearson, C. H. and Miklas, N. P. 1992. Seed size and planting depth effects on emergence and yield of pinto bean. *J. Prod. Agric.* 5:103-106.
- Statistical Analysis System (SAS). 2006. Versión 9.1 para Windows SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sexton, P. J.; White, W. J. and Boote, J. K. 1994. Yield-determining processes in relation to cultivar seed size of common bean. *Crop Sci.* 34:84-91.
- Singh, S. P.; Gepts, P. and Debouck, D. G. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris* Fabaceae). *Econ. Bot.* 45:379-396.
- Wilcox, D.; Dove, B.; David, D. Mc. and Greer, D. 2002. Image tool for Windows Ver. 3.0. The University of Texas, Health Science Center. San Antonio, Texas, U.S.A.
- Wilson, C. L. and Loomis, W. E. 1968. *Botany*. New York, Holt, Rinehart and Wilson. 682 p.
- White, J. W.; Singh, S. P.; Pino, C.; Ríos, B. M. J. and Buddenhagen, I. 1992. Effects of seed size and photoperiod response on crop growth and yield of common bean. *Field Crop Res.* 28:295-307.
- White, J. W. and Gonzales, A. 1990. Characterization of the negative association between seed yield and seed size among genotypes of common bean. *Field Crops Res.* 23:159-175.