

## Selección de la fecha de siembra como estrategia de adaptación a los efectos del estrés térmico sobre los rendimientos simulados de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en un área montano baja del centro-occidente de Venezuela

Planting date selection as an adaptation strategy to elevated temperature effects on simulated yields of dry bean in a low mountainous area of Midwestern Venezuela

R. Warnock de Parra<sup>1</sup>, L. Guillén<sup>2</sup>, M. Puche<sup>3</sup>, O. Silva<sup>1</sup> y M. Morros<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup>Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Agronomía.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. CIAE-Portuguesa.

<sup>3</sup>Instituto de Ingeniería Agrícola. Maracay, estado Aragua (2101). Apartado Postal 4579.

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. CIAE-Lara.

### Resumen

El estrés causado por las altas temperaturas sobre los rendimientos de sistemas de producción comerciales de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) con riego puede ser reducido a través de la optimización de la fecha de siembra. Empleando 41 años de información climática diaria, se cuantificaron y evaluaron los rendimientos simulados de siete materiales genéticos de caraota en un área (09°43' N - 09°46' N, 69°37' O - 69°40' O y 1228 msnm - 1502 msnm) productora ubicada en las estribaciones andinas del centro-occidente de Venezuela, a los fines de realizar recomendaciones técnicas en cuanto a las fechas de siembra más prometedoras para diferentes niveles de productividad. Se aplicó el modelo CROPGRO-Bean del programa DSSAT V. 3,5 utilizando información local de clima, suelo y manejo agronómico. Los resultados indicaron que para el 75% de los productores locales que aplican riego, el desplazamiento de la fecha de siembra hacia finales de año (en los meses de octubre-noviembre) mejoraría las expectativas de niveles alcanzables de rendimientos hasta en 12%, mientras que las siembras en mayo podrían provocar reducciones de hasta 16% en promedio. Para el 25% de productores restantes, que no aplican riego, la mejor fecha de siembra se ubica en el mes de mayo, a entrada de lluvias.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris*, fecha de siembra, estrés por altas temperaturas, simulación, CROPGRO.

Recibido el 21-4-2006 ● Aceptado el 30-10-2006

Autor de correspondencia e-mail: warnockr@agr.ucv.ve; memorros@inia.gov.ve; puchem@agr.ucv.ve

## Abstract

Consequences of elevated temperatures on yield losses of commercial dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production systems may be reduced by proper management of planting date. By using 41 years of daily climatic information, simulated yields were quantified and assessed for 7 dry bean genetic materials in a low mountainous area (09°43' N - 09°46' N, 69°37' O - 69°40' O and 1228 msnm - 1502 msnm) of Midwestern Venezuela with the purpose of developing suitable planting date recommendations for various production levels. The CROPGRO-Bean (DSSAT V. 3,5) model was applied using local climate, soil and management information as input data. Results showed that the best planting date for 75% of local bean growers who irrigate is toward the end of the rainy season, during the months of October–November, which would improve expected yields as much as 12%, while plantings in May would reduce expected yields as much as 16% on average. The most suitable planting date for the remaining 25% of growers that do not irrigate is during the beginning of rainy season (May).

**Key words:** *Phaseolus vulgaris*, planting date, high temperature stress, simulation, CROPGRO.

## Introducción

Investigaciones recientes han demostrado que la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) es sensible a las altas temperaturas, que en el futuro probablemente ocurra una tendencia creciente en la temperatura promedio y que ello puede repercutir en forma negativa en la producción de alimentos de los agrosistemas tropicales (17, 18 y 20). El impacto del estrés térmico sobre los rendimientos de caraota depende tanto del grado de sensibilidad de los procesos fisiológicos o estadios afectados, como del orden de magnitud de la temperatura. Las variables fijación de semillas, número de semillas por vaina, fotosíntesis, número de semillas totales y rendimiento en grano son particularmente sensibles a las temperaturas altas (17). Se estima que la temperatura promedio se ele-

## Introduction

Recent researches have demonstrated that bean is sensitive to elevated temperatures, that in future probable occurs a tendency to increase the mean temperature and this could have incidence -in a negative way- on the food production of the tropical agro systems (17, 18 and 20). Thermal stress impact on bean yields depends on the sensitivity degree of the physiological processes or stages affected like the order of temperature magnitude. The variables seed fixation, number of seed by pod, photosynthesis, number of total seeds and yield by grain are particularly sensible to the high temperatures (17). It is estimated that mean temperature will be elevated to 1.5-4.5°C (9). In geographic sense, the impact of this global behavior of the

vará en 1,5-4,5°C (9). En sentido geográfico, el impacto de este calentamiento global de la atmósfera tendrá repercusiones desiguales sobre la seguridad alimentaria de los pueblos. Para América tropical, el estrés causado por altas temperaturas sobre los rendimientos de sistemas de producción comerciales de caraota con riego puede ser reducido a través de la optimización de la fecha de siembra, al emplear un escenario de producción sin limitaciones por agua y nutrientes en el cual se combinen condiciones de máxima radiación y mínimas temperaturas promedio que sería en teoría lo más favorable para maximizar los rendimientos.

En Venezuela, la caraota se produce y consume desde la antigüedad. Su importancia es multidimensional: desde el punto de vista de la seguridad alimentaria del país por su aporte de proteínas de bajo costo a la dieta, desde el punto de vista socio-económico al colaborar junto con la producción de otros rubros al mantenimiento de las nuevas generaciones en las áreas rurales debido a la generación de empleos y beneficios económicos, desde el punto de vista biológico, el país es una zona de influencia de los centros de origen y de diversificación de los tipos andinos y mesoamericanos de *Phaseolus vulgaris* y por ello contiene riquezas de materiales genéticos evaluables en cuanto a su capacidad productiva.

En el municipio Andrés Eloy Blanco del estado Lara, zona agrícola de las estribaciones andinas del centro-occidente de Venezuela, este renglón está en manos de pequeños y medianos productores. Se ubica des-

atmosphere will have an uneven affect on the feeding security of villages. For tropical America stress caused by the high temperatures on yields of commercial bean production systems with irrigation can be reduced through the optimization of the sowing date by using a production scenario without water and nutrients limitations in which conditions of maximum radiation and minimum mean temperatures that in theory the most favorable for maximizing yields.

In Venezuela, bean is produced and consumed from the ancient. Its importance is multi dimensional: from the point of view of the feeding security of country by its low cost protein contribute to diet, from the socio economical point of view when collaborating with the production of another crops to the maintenance of the new generations in the rural areas because the employment generations and economical benefits, from the biological point of view, country is an influence region of the origin centers and of diversification of the Andean types and Meso Americans of *Phaseolus vulgaris* and for that contain richness of genetic materials valuable in relation to the productive capacity.

In the Andres Eloy Blanco municipality of Lara state, an agricultural region of the Venezuela center-occident, this crop is in hand of little and median producers. Is located after coffee and potato as those of higher harvested surface and represents in the high regions a rotation alternative to the potato production system. The traditional sowing time is on rainy outlet

pués del café y la papa como el de mayor superficie cosechada y representa, en las zonas altas, una alternativa de rotación al sistema de producción de papa. La época de siembra tradicional es a salida de lluvias (septiembre – octubre), pero en los últimos años se ha incrementado el área de siembra durante la época de entrada de lluvias (abril – mayo) (14). Según encuestas propias, las fechas de siembra usuales en la zona están dispersas, en la época de "entrada de lluvias" entre abril y mayo, y en la época de "salida de lluvias" desde agosto hasta octubre.

Los objetivos de este trabajo fueron: 1) Cuantificar la probabilidad de ocurrencia de rendimientos simulados para siete materiales genéticos de caraota en un suelo de la parroquia Pío Tamayo del Municipio Andrés Bello del estado Lara, empleando información local de suelo, manejo agronómico y clima diario correspondiente a 41 años; 2) Evaluar los rendimientos obtenidos a los fines de realizar recomendaciones técnicas en cuanto a las fechas de siembra más prometedoras para diferentes niveles de productividad.

## Material y métodos

Se realizó un trabajo previo que combinó información de campo, recopilada a través de la aplicación de una encuesta a los productores locales, con resultados obtenidos de simulaciones exploratorias para evaluar y definir aspectos específicos del manejo agronómico, de los suelos y del cultivo. Para los fines de la encuesta se realizó un muestreo aleatorio al 30% de la

(September – October), but in recent years the sowing area has been increased during the rainy entrance (April – May) (14). According surveys, the common sowing dates in region are dispersed in the «rainy entrance» between April and May and at the rainy outlet from August to October.

The purposes of this work were: 1) To quantify the possibility of simulated yields occurrence for seven genetic materials of bean in a soil of Pío Tamayo Parrish, Andres Eloy Blanco municipality, Lara state, by using local information of soil, agronomical management and diary climate corresponding to 41 years; 2) To evaluate yields obtained for making technical recommendations in relation to sowing dates more promising for different productivity levels.

## Materials and methods

A previous work was accomplished with a combination of field information compiled through a pool applying to the local producers, with results obtained from exploratory simulations for evaluating and defining specific aspects of the agronomical management of soils and crops. For pool purposes an at random sampling to 30% of population object and it was assumed that there is a producer by each one of beans exploitation. The study region was characterized in relation to the climate, soil and agricultural management of crop. The study region comprise five locations of the Pío Tamayo, Sanare, Sabana Grande, Palo Verde, Bojo and Monte

población objeto y se asumió que existe un productor por cada explotación de caraota. Se caracterizó la zona de estudio en cuanto a los componentes clima, suelo y manejo agronómico del cultivo. La zona de estudio comprende cinco localidades de la parroquia Pío Tamayo, Sanare, Sabana Grande, Palo Verde, Bojó y Monte Carmelo, cuyo paisaje corresponde al sistema andino, con aplanamientos por erosión y movimientos tectónicos que han formado una serie de conos de terrazas de erosión; en sentido longitudinal, la pendiente es generalmente inclinada y en las partes planas del piedemonte se observan pequeñas ondulaciones, en sentido transversal las pendientes del piedemonte son de forma abrupta (3). Las características del relieve entre ondulado y accidentado limitan su uso a cultivos como el café, la papa, la caraota, y la horticultura de piso alto, los cuales, no obstante, contribuyen al proceso de erosión actual (14). La vegetación de Sanare, Palo Verde y Sabana Grande se tipifica como Bosque Seco Premontano y la de Bojó y Monte Carmelo como Bosque Húmedo Montano Bajo, de acuerdo a la clasificación de Holdridge (21). Se definieron 4 niveles posibles de productividad a) potencial, en el cual se asume que no hay limitaciones por escasez de agua o nutrientes; b) alcanzable con niveles de riego y fertilización nitrogenada prefijados; c) alcanzable sin riego y con niveles de fertilización nitrogenada prefijados; y d) alcanzable sin riego y sin fertilización. No se consideraron interferencias por malezas, plagas o enfermedades. Los niveles a y d son referenciales de los

Carmelo Parrish, whose landscape corresponds to the Andean system, with flattening by erosion and tectonic movements that have formed a serial of erosion terraces cones; in a longitudinal sense, the pending is generally inclined and at the plain parts of the "Piedemonte" little undulations were obtained; in transversal sense, the "Piedemonte" are of rough shape (3). The relief characteristics between waved and roughed limit its use to crops like coffee, potato, bean and horticulture of high floor which contributes to the actual erosion process. (14). Sanare, Palo Verde and Sabana Grande vegetation is typified as Premontano dry forest and those of Bojo and Monte Carmelo like low Montano humid forest according to Holdridge classification (21). Four possible productivity levels a) potential, in which is assumed that there is no limitations by water shortage or nutrients; b) reachable with irrigation levels and pre fixed nitrogen fertilization; c) reachable without irrigation and with pre fixed nitrogen fertilization levels; and d) reachable without irrigation and without fertilization. Interferences caused by weeds, pests and diseases were not considered. Levels a and d are referential of the maximum and minimum of the region according to the climatic and soil characteristics, and levels b and c are referential of the agronomical managements used by producers.

### **Simulations**

The CROPGRO-Bean model of the DSSAT System Version 3.5 for quantifying and valuating yields by

máximos y mínimos de la zona de acuerdo a las características climáticas y de suelo, y los niveles b y c referenciales de los manejos agronómicos empleados por los productores.

### **Simulaciones**

Se aplicó el modelo CROPGRO-Bean del sistema DSSAT Versión 3,5 para cuantificar y valorar los rendimientos, utilizando la información de clima, suelo y manejo agronómico del cultivo como datos de entrada. Éste ha sido ampliamente validado y aplicado con éxito tanto en Venezuela como a nivel mundial para estudios agroecológicos (1, 2, 8, 10, 11, 13, 18, 20, 22, 23 y 24). Utiliza información de entrada estructurada en archivos individuales de clima (a nivel diario), suelo y detalles experimentales, el cual incluye las variedades y el manejo agronómico.

### **Información climática**

Se construyeron los archivos combinando la información de dos estaciones climatológicas (Sanare, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN) y Sanare, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)) ubicadas en la zona objeto del estudio y de otra (Las Cuibas, INIA) cercana, debido a que en la parroquia Pío Tamayo no existe una única estación meteorológica con un registro largo de años que mida todas las variables climáticas requeridas por el modelo. Para precipitación se usaron los datos de la estación Sanare, MARN (1330 msnm), seleccionando la serie de datos diarios de acuerdo a su calidad, expresada ésta a través del menor número de datos faltantes y/o englobados. "Datos

using the climate, soil and agronomical management of crop like entrance data was used. This is widely validated and applied in a successful way, in Venezuela and at a world level for agro ecological studies (1, 2, 8, 10, 11, 13, 18, 20, 22, 23 and 24). This system uses information of structured entrance in individual files of climate (at diary level), soil and experimental levels that includes varieties and agronomical management.

### **Climatic information**

It were constructed files combining information of two climatological station (Sanare, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN) and Sanare, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)) located in the study region and of other close (Las Cuibas, INIA) because in the Pio Tamayo Parrish there is no a meteorological station with a long register of years by measuring all the climatic variables required for model. For rainfall data from Sanare station, MARN (1330 msnm) were used by selecting the daily data serial according to its quality expressed through the minor number of lack data and/or included. "Lack data" were defined as those do not measured by the instrument mistake, by overflowing of the pitcher or another inconvenient in measurements, whereas "included data" were those in where the accumulated values are taking into account for a measurement period (some days, weeks and even months) (6). Three growing periods of crop along the year according to the results of the surveys results, the first two of 81 days and the last one of 83 days,

faltantes» fueron definidos como aquellos que no se midieron por falla del instrumento, por rebosamiento del cántaro u otro inconveniente en las mediciones, mientras que «datos englobados» son aquellos en los que sólo se cuenta con los valores acumulados para un período de medición (varios días, semanas y hasta meses) (6). Se definieron 3 periodos de crecimiento del cultivo a lo largo del año de acuerdo a los resultados de la encuesta, los dos primeros de 81 días y el último de 83 días y posteriormente se establecieron 2 premisas de calidad, según la opinión de los especialistas: a) déficit hídricos ocurridos en un periodo menor o igual a 7 días no afectan marcadamente la respuesta del cultivo (Morros, 2003. Comunicación personal<sup>2</sup>); b) la distribución de la precipitación con láminas menores o iguales a 30 mm en un periodo menor o igual a 7 días no afecta marcadamente la respuesta del cultivo (Puche, 2003. Comunicación personal<sup>3</sup>). Partiendo de estas premisas se fijaron los siguientes criterios: a) se asignó el valor cero (0) a los días englobados y la sumatoria del englobe al último día, cuando los globos ocurrieron fuera de los ciclos del cultivo; b) se asignó el valor cero (0) a los días englobados y la sumatoria del englobe al último día, cuando éstos ocurrieron dentro del ciclo del cultivo, siempre y cuando fueran menores o iguales a 7 días consecutivos con laminas menores o iguales a 30 mm; c) el año de datos se descartó cuando existieran englobes mayores a 7 días, o la sumatoria del englobe fuese mayor a 30 mm en cualquiera de los ciclos del cultivo. Al aplicar estos criterios re-

after, two quality premises were established according to the specialist opinion: a) hydric deficit occurred in a period minor or equal to 7 days do not affect in a marked way the crop answer (Morros, 2003. Personal communication<sup>2</sup>); b) rainfall distribution with irrigation depth minor or equal to 30 mm in a period minor or equal to 7 days do not affect in a marked way the answer to crop (Puche, 2003. Personal communication<sup>3</sup>). Based on this, the following criteria were fixed: a) the value 0 was assigned (0) to the included days and the sum of inclusion at the last day, when inclusion occurs out of crops cycle; b) the value 0 was assigned (0) to the included days and the sum of inclusion at the last day, when those occurs inside of the crop cycle, as long as it were minor to 7 consecutive days with irrigation depths minor or equals to 30 mm; c) the data year was ruled out when inclusion superior to 7 days, or the sum of inclusion was superior to 30 mm in any of crops cycle. When applying these criteria 41 years not continuous of rainfall daily registers were obtained. In relation to temperature, monthly registers of 25 years of maximum and minimum temperatures of the Sanare station, INIA (1350 msnm), from which daily data were generated for completing a serial of 41 register years, through the SIMMETEO climatic data generator, included on the DSSAT software. Radiation was estimated from daily data of brilliant sun hours of Las Cuibas station, INIA (1660 msnm). This station only had 8 sunstroke data, for this reason coefficients

sultaron 41 años no continuos de registros diarios de precipitación. En cuanto a temperatura, se usaron los promedios mensuales de 25 años de temperaturas máximas y mínimas de la estación Sanare, INIA (1350 msnm), a partir de los cuales se generaron datos diarios para completar la serie de 41 años de registros, mediante el generador de datos climáticos SIMMETEO, incluido en el software de DSSAT. La radiación se estimó a partir de datos diarios de horas de sol brillante de la estación Las Cuibas, INIA (1660 msnm). Esta estación sólo tenía 8 años de datos de insolación, por lo cual se requirió estimar coeficientes, obtener estadísticas de radiación global (Rg) y generar la serie completa de 41 años. SIMMETEO usa para la estimación de la radiación la fórmula de Ångström – Prescott (18), donde se asume una relación lineal entre la radiación y las horas de sol brillante; los coeficientes *a* y *b* de la función usados en este trabajo son 0,25 y 0,50 respectivamente. Posteriormente se usó el promedio de radiación global estimada para generar y completar la serie de registro. La zona de estudio presenta precipitación media anual de 827,6 mm, distribuidos principalmente entre los meses de abril y noviembre, temperatura máxima media anual de 24,8°C, mínima media anual de 14,5°C y radiación que oscila entre 14,5 y 19,0 MJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>. Desde octubre hasta enero ocurren disminuciones de la temperatura mínima e incrementos de la radiación (figuras 1 a, b y c).

### Suelos

Se evaluaron 11 suelos de la zona, representativos de los órdenes

estimation was required, the global radiation statistics (Rg) and a complete serial of 41 years generation. SIMMETEO uses the Ångström – Prescott (18) formula for the radiation estimation in where a lineal relationship is assumed between the radiation and the brilliant sun hours; *a* and *b* coefficients of function used in this work are 0.25 and 0.50 respectively. After, the estimated global radiation mean was used for generating and completing the register serial. The study region shows annual mean rainfall of 827.6 mm, especially distributed between April and November, annual mean maximum temperature of 24.8°C, annual mean minimum of 14.5°C and radiation that oscillate between 14.5 and 19.0 MJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>. From October to January, minimum temperature decreases occurs and radiation increases. (figure 1 a, b and c).

### Soils

11 soils of region was evaluated, representatives of the orders Mollisol, Entisol, Inseptisol, Alfisol and Ultisol, with different agricultural goodness. Information of these comes from two previous edaphology studies (3 and 5) and the interpretation of a trial pit at the Veracruz ranch. Based on yields obtained of exploratory simulations for the 11 soils during 41 years of climatic data, 3 productivity intervals were discriminated. Those of A group expressed the higher yields by showing mean textures, high saturation with bases ( $\geq 50\%$ ) and in general, high natural fertility; those of B group with intermediate productive potential and C group with little productive potential, in terms of

Mollisol, Entisol, Inseptisol, Alfisol y Ultisol, con bondades diferentes para la agricultura. La información de éstos proviene de dos estudios edafológicos previos (3 y Colocar Figura 1 a, b y c.

5) y la interpretación de una calicata en la Hacienda Veracruz. Basados en los rendimientos obtenidos de simulaciones exploratorias para los 11 suelos durante 41 años de datos climáticos se discriminaron 3 intervalos de productividad. Los del grupo A expresaron los mayores rendimientos por presentar texturas medias, alta saturación con bases ( $\geq 50\%$ ) y en general alta fertilidad natural, los del grupo B con potencial productivo intermedio y los del grupo C con potencial productivo muy bajo, en términos de rendimientos simulados de caraota. Para este trabajo se presentan los resultados de un Entisol, suelo representativo del grupo B con potencial productivo intermedio ubicado en la localidad de Sanare, Municipio Andrés Eloy Blanco del estado Lara, el cual se clasifica como un Typic Ustorthent, esquelético, arcilloso, mixto, isotérmico, de relieve general ondulado con alternancia de superficies plano convexas y cóncavas, microrelieve ligeramente plano con pendientes de 0,5 a 1,5%, de drenaje externo e interno rápido y clase de drenaje excesivamente drenado (3). En el cuadro 1 se muestran las características físicas y químicas del suelo a través del perfil (3).

### **Cultivo**

Está representado por las variedades comerciales Magdaleno, Montalbán, y los materiales locales promisorios AM-03-00-06, DP-01-98-

simulated yields of bean. For this work the results of an Entisol, a representative soil of the B group with intermediate productive potential located in Sanare, Andres Eloy Blanco municipality, Lara state, which is classified as Typic Ustorthent, skeletal, clay, mixed, isothermal, of a waved general relief with alternation of plain-convex and concaves, micro relief lightly plain with slopes of 0.5 to 1.5%, of external drainage and fast internal and class of drainage excessively drained (3). In the table 1 the physical and chemical characteristics of soil through profile are shown (3).

### **Crop**

Is represented by commercial varieties Magdaleno, Montalban, and the promissory local materials AM-03-00-06, DP-01-98-007, DP-02-98-10, MEM-01-00-16 and MGM-03-99-06, that are characterized in the model by a group of genetic coefficients related with development aspects, vegetative and productive growing (23) (table 2).

### **Agronomical management**

Referential information was obtained about the sowing dates at the beginning (rainy entrance) and ending of rainy period (rainy outlet), sowing density, irrigation, fertilization and yields on dry matter terms. According to this, the options of sowing date showed high dispersion, in the time of "rainy entrance" are extended from April to May and at the time of "rainy outlet" from August to October, therefore, it was necessary to accomplish exploratory runs with the purpose of selecting the more promise dates, by

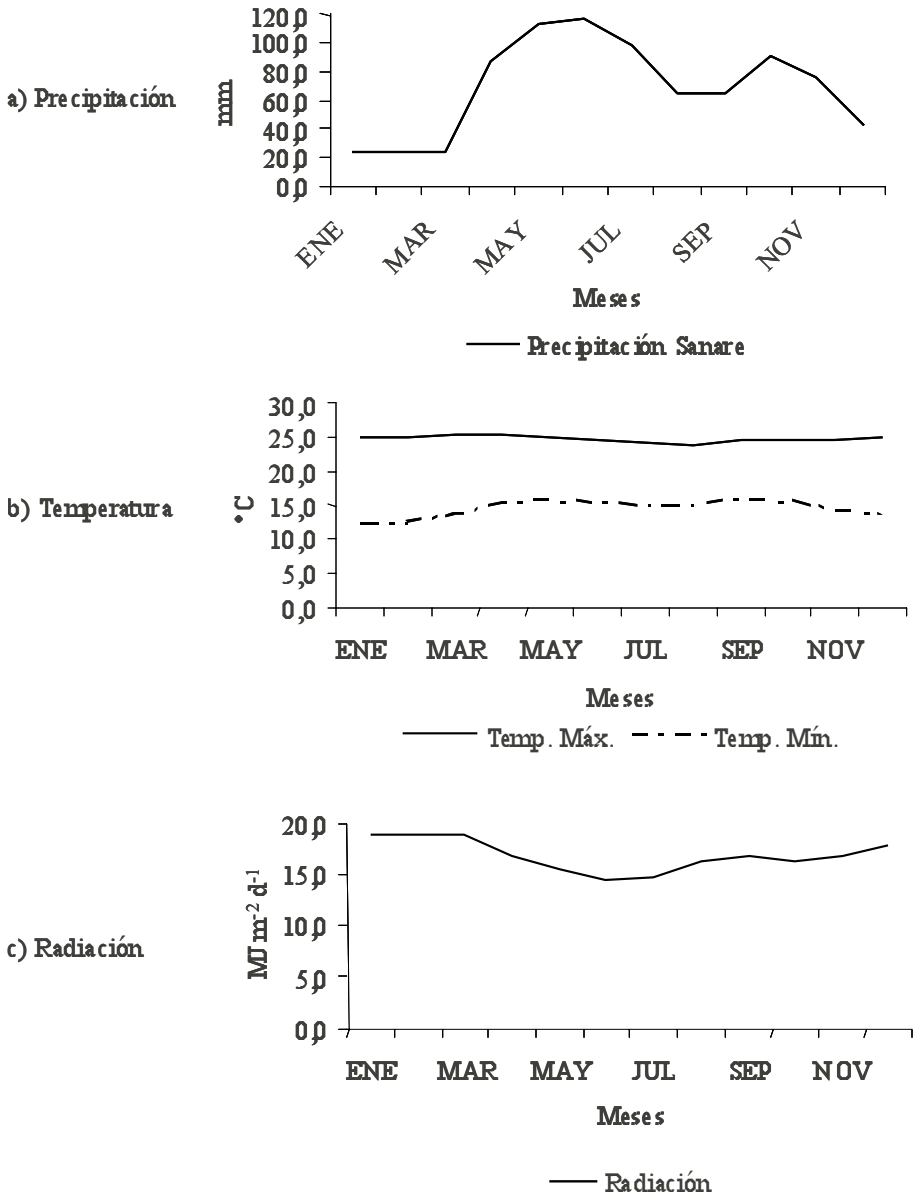


Figura 1. Condiciones promedio de precipitación, temperatura y radiación en la zona de estudio.

Figure 1. Mean conditions of rainfall, temperatura and radiation in the study region.

**Cuadro 1. Características físicas y químicas del Entisol evaluado en el municipio Andrés Eloy Blanco del estado Lara.**

**Table 1. Physical and chemical characteristics of the evaluated Entisol in the Andres Eloy Blanco municipality, Lara state.**

Propiedad	Horizonte y profundidad		
	Ap (0-30 cm)	Ac (30-51 cm)	
% Arenas	Muy gruesa(2,00-1,00 mm)	15,30	10,10
	Gruesa(1,00 – 0,50 mm)	8,90	5,90
	Media(0,50 – 0,25 mm)	6,80	5,30
	Fina(0,25 – 0,10 mm)	7,70	3,70
	Muy Fina(0,10 – 0,05 mm)	4,10	30,90
% Arena total		42,80	23,20
% Limo		25,20	45,90
% Arcilla		32,00	45,90
Clase textural		FA	A
pH (1:2)	H <sub>2</sub> O	5,50	5,80
	CaCl <sub>2</sub> 0,001 N	4,60	4,80
CE mmhos/cm		0,12	0,10
% C		3,00	1,17
% N		0,26	0,10
C/N		11,00	11,00
Fósforo disponible (ppm)		T	T
Cationes de intercambio (me (100 g) <sup>-1</sup> )	Ca	4,30	4,30
	Mg	1,90	1,30
	K	0,80	1,30
	Na	T	0,10
	Al	T	
Ácidoz total (me (100 g) <sup>-1</sup> )		12,00	9,00
		16,80	17,80
CIC (me (100 g) <sup>-1</sup> )		16,80	17,80
% Saturación bases		42,00	39,00

T: trazas

Fuente: (3)

007, DP-02-98-10, MEM-01-00-16 y MGM-03-99-06, que se encuentran caracterizados en el modelo por un grupo de coeficientes genéticos vinculados con aspectos del desarrollo, del

taking into consideration the sowing threshold reported by agricultural people, its weekly intermediates so the mean value of simulated yields for establishing a sowing window. In the

crecimiento vegetativo y del crecimiento reproductivo (23) (cuadro 2).

### Manejo Agronómico

Se obtuvo información referencial acerca de las fechas de siembra a inicio (entrada de lluvias) y finales del periodo lluvioso (salida de lluvias), densidad de siembra, riego, fertilización y rendimientos en términos de materia seca. De acuerdo a ello, las opciones de fechas de siembra mostraron gran dispersión, en la época de "entrada de lluvias" se extienden desde abril a mayo y en la época de "salida de lluvias" desde agosto hasta octubre, por lo cual fue necesario realizar corridas exploratorias a fin de seleccionar las fechas más prometedoras, tomando en consideración los umbrales de siembra reportados por los agricultores, sus intermedios semanales así como los valores promedio de rendimientos simulados, para establecer una ventana de siembra. En el periodo de siembra "salida de lluvias", la ventana de siembra fue mucho más amplia, además de que la literatura especializada reporta el efecto beneficioso de las temperaturas más frescas sobre la producción de caraota (12, 16 y 25), las cuales suceden en esta zona hacia finales de año. Por tanto se decidió ensayar dos fechas de siembra para la temporada salida de lluvias, una temprana (salida de lluvias 1) y otra tardía (salida de lluvias 2). Así, utilizando los rendimientos simulados promedio mayores para cada periodo de siembra, se identificaron 3 fechas de siembra: siete de mayo (07/05) para el periodo de siembra "entrada de lluvias", veintiuno de septiembre (21/09) para "salida de lluvias 1" y veintiuno de octubre (21/10) para "salida de llu-

sowing time "rainy outlet", the sowing window more wide, besides the specialized literature reports the beneficial effect of temperatures more fresh about the bean production (12, 16 and 25), which occurs in this region toward the end of year. Two sowing times were essayed for the «rainy outlet», an early one and other belated (rainy outlet 2). Likewise, by using superior mean yields simulated for each sowing time three sowing date were identified: May, 07 for the sowing date "rainy entrance", September, 21 for "rainy outlet 1" and October, 21 for "rainy outlet 2". With the purpose of determining irrigation exploratory runs were accomplished with the automatic irrigation function of the model and irrigation depths and irrigation frequencies were averaged for 41 years for each one of genetic materials in the different sowing times and soils. From the results of this evaluation it was determined for the time "rainy entrance" an irrigation depths of 100 mm fractioned in 5 irrigation (in the weeks 4, 5, 6, 10 and 11 of the crop cycle), for the time "rainy outlet 1" an irrigation depth of 154 mm fractioned in 7 irrigations (in the weeks 4, 6, 7, 8, 9, 10 and 11 of the cycle) and for the time "rainy outlet 2" 180 mm fractioned in 9 irrigations (from the fourth to the twelve week of the crop cycle) quantities that corresponds to the average hydric requirements of crop when is developed on soil used. It is assumed that there is no overflowing and that crop does not suffer from water excess stress. 200.000 plants.ha<sup>-1</sup> were sowed and it was fertilized with 160 kg.ha<sup>-1</sup> of nitrogen

**Cuadro 2. Valores de los coeficientes genéticos para AM-05-00-06, DP-01-98-007, DP-02-98-10, Magdalena, MEM01-00-16, MGM-03-99-66 y Montalbán y valores de SLPF.**

**Table 2. Values of the genetic conditions for AM-05-00-06, DP-01-98-007, DP-02-98-10, Magdalena, MEM01-00-16, MGM-03-99-66 and Montalban and values of SLPF.**

Coefficiente	AM-05-00-06	DP-01-98-007	DP-02-98-10	Magdalena	MEM-01-00-16	MGM-03-99-06	Montalbán
1. CSDL	12,170	12,170	12,170	12,170	12,170	12,170	12,170
2. PPSEN	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3. EM-FL	29,000	29,000	29,000	29,000	29,000	29,000	35,000
4. FL-SH	4,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
5. FL-SD	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
6. SD-PM	16,000	16,000	26,000	16,000	26,000	16,000	14,000
7. FL-LF	16,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	16,000
8. LFMAX	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,950
9. SLAVR	240,000	250,000	220,000	320,000	320,000	320,000	320,000
10. SIZLF	133,000	133,000	133,000	133,000	133,000	133,000	133,000
11. XFRT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
12. WTPSD	0,140	0,120	0,100	0,230	0,230	0,230	0,188
13. SFDUR	16,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000
14. SDPDV	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200	4,750
15. PODUR	5,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Factor SLPF	Samán Mocho = 0,84; Maracay = 0,83						

Fuente: (23) y Warnock, 2003. Comunicación personal<sup>4</sup>

vias 2". Con el fin de determinar el riego se hicieron corridas exploratorias con la función de riego automático del modelo y se promediaron láminas y frecuencias de riego para 41 años para cada uno de los materiales genéticos en las distintas épocas de siembra y suelos. De los resultados de esta evaluación se determinó para la época "entrada de lluvias" una lámina de 100 mm fraccionada en 5 riegos (en las semanas 4, 5, 6, 10 y 11 del ciclo del cultivo), para la época "salida de lluvias 1" una lámina de 154 mm fraccionada en 7 riegos (en las semanas 4, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 del ciclo) y para la época "salida de lluvias 2" 180 mm fraccionada en 9 riegos (desde la cuarta a doceava semana del ciclo de cultivo) cantidades que corresponden a las necesidades hídricas promedio del cultivo cuando se desarrolla en el suelo empleado. Se asume que no hay aguachinamiento y que el cultivo no sufre estrés por exceso de agua. Se sembraron 200.000 plantas.ha<sup>-1</sup> y se fertilizó con 160 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno en los tratamientos apropiados, de acuerdo a lo reportado por los agricultores.

Luego, del universo total de tratamientos simulados se seleccionaron los más prometedores para un Entisol típico de la zona, con potencial intermedio de productividad.

Los resultados se analizaron mediante medidas estadísticas descriptivas, como la media y la desviación estándar, y se realizaron caracterizaciones gráficas a través de la distribución de frecuencias relativas acumuladas. Esta última ayuda a evaluar la probabilidad de ocurrencia de rendimientos y la estabilidad interanual de los mismos. Para com-

in the appropriated treatments according to those reported by farmers.

After, from the total simple of simulated treatments, the most promissory were selected for a typical Entisol of region with productivity intermediate potential.

Results were analyzed through descriptive statistics measures, like the mean and the standard deviation, and graphic characterizations through the distribution of the relative frequencies accumulated. The last one helps to evaluating the probability of yield occurrence and inter annual stability of them. For comparing the simulated yields of the different productivity levels, the percentage variation variable was calculated (V%), that express the yield changes in comparison with the potential mean.

## Results and discussion

Yields of genetic materials were grouped in four categories, the genetic group 1 (Montalban variety), the genetic group 2 (Magdaleno variety and the materials DP-01-98-007 and MGM-03-99-06), the genetic group 3 (the materials DP-02-98-10 and MEM-02-00-16) and the genetic group 4 (the material AM-05-00-06). Behavior of yields of the four genetic groups was analyzed in a comparative way in the sowing dates "rainy entrance" (May 07), "rainy outlet 1" (September 21) and "rainy outlet 2" (October 21). In the table 3 the simulated yields obtained so several descriptive statistics. In general, the simulated results are placed in

parar los rendimientos simulados de los diferentes niveles de productividad se calculó la variable variación porcentual (V%), que expresa los cambios de rendimiento en comparación con el promedio potencial.

## Resultados y discusión

Los rendimientos de los materiales genéticos se agruparon en cuatro categorías, Grupo genético 1 (Variedad Montalbán), Grupo genético 2 (Variedad Magdaleno y los materiales DP-01-98-007 y MGM-03-99-06), Grupo genético 3 (los materiales DP-02-98-10 y MEM-02-00-16) y Grupo genético 4 (el material AM-05-00-06). Se analizó comparativamente el comportamiento de los rendimientos de los cuatro grupos genéticos en las fechas de siembra "entrada de lluvias" (07 de mayo), "salida de lluvias 1" (21 de septiembre) y "salida de lluvias 2" (21 de octubre). En el Cuadro 3 se resumen los rendimientos simulados obtenidos así como algunas estadísticas descriptivas. En general, los resultados simulados se ubican en rangos razonables para la zona al comparar con los reportados por los agricultores encuestados, aunque existe cierto grado de sobrestimación (12%) por parte del modelo. Se encontraron también algunas discrepancias entre rendimientos simulados y observados de acuerdo a los niveles de productividad. En cuanto a los niveles de productividad alcanzables con algún grado de fertilización y/o riego los rendimientos promedio reportados son inferiores a los simulados, posiblemente debido a deficiencias en el manejo técnico. Por otra parte, los agriculto-

reasonable ranks for region when comparing with those reported by the interviewed agricultural people despite there is some over estimation degree (12%) by model. Some discrepancies between the simulated yields observed according to productivity levels. In relation to reachable productivity levels with some fertilization degree and/or irrigation the mean yield reported are inferior to the simulated possibly caused by deficiencies in technical management. On the other hand, the agricultural people that does not uses irrigation but fertilizes reported superior yields to the simulated, possibly because everybody sows in the higher location of region (Monte Carmelo, 1550 msnm) which presents the lower temperatures.

For every productivity level the genetic group 3 (DP-02-98-10 and MEM-02-00-16) it was detached with the higher yields and for the reachable level without irrigation and without fertilization the genetic group 2 (Magdalena, DP-01-98-007 and MGM-03-99-06) detached.

In the potential productivity level, the inter annual variability of yields, evaluated through the inter quartil difference between the quartil 75% and the quartil 25%, shows the sowing date of the time "rainy outlet 1" the simulated yields are more stables (variability of 423 kg.ha<sup>-1</sup>), followed by the time "rainy outlet 2" (variability of 461 kg.ha<sup>-1</sup>), being the more variables which corresponds to the time "rainy entrance" (variability of 535 kg.ha<sup>-1</sup>) which agree with tendency observed in the standards deviations of the genetic materials

res que no riegan pero si fertilizan, reportaron rendimientos mayores a los simulados, posiblemente debido a que todos ellos siembran en la localidad más alta de la zona (Monte Carmelo, 1550 msnm) la cual presenta las temperaturas más bajas.

Para todos los niveles de productividad, el grupo genético 3 (DP-02-98-10 y MEM-02-00-16) se destacó con los mayores rendimientos y para el nivel alcanzable sin riego y sin fertilización se destacó también el grupo genético 2 (Magdalena, DP-01-98-007 y MGM-03-99-06).

En el nivel de productividad potencial, la variabilidad interanual de los rendimientos, evaluada a través de la diferencia intercuartil entre el cuartil 75% y el cuartil 25%, indica que en la fecha de siembra de la época "salida de lluvias 1" los rendimientos simulados son más estables (variabilidad de 423 kg.ha<sup>-1</sup>), seguidos por los de la época "salida de lluvias 2" (variabilidad de 461 kg.ha<sup>-1</sup>), siendo los más variables los que corresponden a la época "entrada de lluvias" (variabilidad de 535 kg.ha<sup>-1</sup>), lo cual concuerda con la tendencia observada en las desviaciones estándares de los rendimientos de los grupos de materiales genéticos para las diferentes fechas de siembra. La variación interanual observada durante las tres épocas se debe a las variaciones de radiación y temperatura que ocurren año tras año, lo que contradice la afirmación común de que en condiciones tropicales estas variables climáticas no afectan marcadamente los rendimientos de los cultivos. Todos los grupos genéticos aumentaron sus rendimientos potenciales de forma progre-

groups yields for the different sowing times. The inter annual variation observed during the three times is caused by the radiation and temperature variations that happens year after year, that is in contradiction with the common affirmation about that in tropical conditions the climatic variables do not affect in a marked way the crop yield. Every genetic groups increased its potential yields in a progressive way from the sowing date "rainy entrance" (May, 07) to the time "rainy outlet 2" (October, 21) by taking as a reference the average yields of region in the sowing traditional time, September, 21) when sowing a month later, on October, 21 in the time "rainy outlet 2", yields increase in average 12%, and if sowing is accomplished on May, 07 at "rainy entrance" yields would be 16% lower. This behavior is influenced by the favorable climatic conditions for the crop development just like the minimum, little temperatures and high radiation (7) combination that happens on November, December and January (figure 1 b and c), likewise for the sowing date of October, 21 during the crop cycle, in average the minimum temperatures are reduced 3.5°C and the radiation increase 2., MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>; this situation do not happen in the other two times. When the occurrence of elevated temperatures agree with sensitive periods of the reproductive development of bean it has been demonstrate that the seed fixation and number because there is a diminishing of the pollen production and viability which causes yield losses that are not counteract by the

siva desde la fecha de siembra "entrada de lluvias" (07 de mayo) hasta la fecha "salida de lluvias 2" (21 de octubre). Tomando como referencia los rendimientos promedio de la época tradicional de siembra, 21 de septiembre, al sembrar 1 mes más tarde, el 21 de octubre, en época de "salida de lluvias 2", los rendimientos aumentan en promedio 12%, y si se siembra el 07 de mayo a "entrada de lluvias", los rendimientos serían 16% más bajos. Este comportamiento está influido por condiciones climáticas favorables para el desarrollo del cultivo como lo son la combinación de temperaturas mínimas bajas y radiación alta (7) que ocurre en los meses de noviembre, diciembre y enero (figura 1 b y c). Así, para la fecha de siembra del 21 de octubre, durante el ciclo del cultivo, en promedio las temperaturas mínimas se reducen 3,5°C y la radiación crece 2,5 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, lo cual no sucede en las otras dos épocas. Cuando la ocurrencia de temperaturas elevadas coincide con estadios sensibles del desarrollo reproductivo de la planta, se ha demostrado de una manera contundente que se reduce la fijación de semillas y número de semillas debido a una disminución de la producción y viabilidad del polen, lo cual causa pérdidas de rendimiento que no son contrarrestadas por el efecto beneficioso de enriquecimiento atmosférico por CO<sub>2</sub> (17). En el modelo, se considera el efecto combinado de la temperatura, radiación y CO<sub>2</sub> sobre la respuesta del cultivo a través de la representación de procesos como fotosíntesis, respiración y fenología reproductiva, específicamente emplea factores de estrés por alta temperatura para re-

beneficial effect of the atmospherically enriches by CO<sub>2</sub> (17). In the model, the combined effect of the temperature, radiation and CO<sub>2</sub> on the crop answer through the processes representation like photosynthesis, breathing and reproductive technology is considered; specifically stress factors by high temperature for reducing the photosynthetic and reproductive development tasks (1). These results illustrates the way in which the agronomical management of the sowing date—in the actual and future conditions— can serve as adaptation strategy to thermic stress (table 3).

For the reachable productivity level with predetermined irrigation and fertilization quantities there is evidence that shows more stability on time in where the standard deviation was little, it means at «rainy outlet 1» (September, 21). The percentage of variation (V%) of irrigation and fertilization yields taking as a reference the potentials yields oscillated between -23% and -33%, with a superior percentage average variation in "rainy outlet 2" (October, 21) (-32%), which indicates an effect of sowing date that reduced yields by water insufficiency probably due to the proportioned irrigation through the agronomical management do not be enough for different materials express its maximum genetic potential and to the soil physical conditions, with moderate capacity for storage water inside of profile. By comparing with the sowing date of the time "rainy outlet 1" (September, 21) yields decrease 19% when sowing in May and increase 2% when sowing in October. Every genetic groups

ducir las tasas fotosintéticas y de desarrollo reproductivo (1). Estos resultados ilustran como en las condiciones actuales y futuras el manejo agronómico de la fecha de siembra puede servir como estrategia de adaptación al estrés térmico (cuadro 3).

Para el nivel de productividad alcanzable con montos de riego y fertilización predeterminados se evidencia que son más estables en la época donde la desviación estándar fue menor, es decir a "salida de lluvias 1" (21 de septiembre). La variación porcentual (V%) de los rendimientos con riego y con fertilización tomando como referencia los rendimientos potenciales osciló entre -23% y -33%, con mayor variación porcentual promedio en "salida de lluvias 2" (21 de octubre) (-32%), lo cual indica un efecto de fecha de siembra que provocó reducción de rendimientos por insuficiencia de agua debido posiblemente a que el riego suministrado a través del manejo agronómico no sea suficiente para que los diferentes materiales expresen su máximo potencial genético y a las condiciones físicas del suelo, con moderada capacidad de almacenamiento de agua dentro del perfil. Comparado con la fecha de siembra de la época de "salida de lluvias 1" (21 de septiembre), los rendimientos disminuyen 19% al sembrar en mayo y aumentan 2% al sembrar en octubre. Todos los grupos genéticos aumentaron sus rendimientos alcanzables de forma progresiva desde la fecha de siembra "entrada de lluvia" (7 de mayo) hasta la fecha "salida de lluvias 2" (21 de octubre) en concordancia con lo observado en el nivel potencial (cuadro 3).

Existe un 80% de probabilidad de

increased its reachable yields in a progressive way from the sowing date "rainy entrance" (May, 07) to time "rainy outlet 2" (October, 21) in concordance with observed in the potential level (table 3).

There is 80% of occurrence probability of simulated yields between 1700 kg.ha<sup>-1</sup> and 3200 kg.ha<sup>-1</sup> when sowing in "rainy outlet 2" (October, 21) for the productivity level with pre determined irrigation and fertilization quantities; on the contrary for the same productivity level in the time «rainy entrance» (May, 07) the 80% of occurrence probability of simulated yields occurs in a yield rank 1300 kg.ha<sup>-1</sup> to 2600 kg.ha<sup>-1</sup>, and for the time "rainy outlet 1" a intermediate situation is shows. Likewise, the figures in which accumulated frequencies distribution permits to deduce occurrence yields probabilities (figure 2 a, b and c).

For the reachable level without irrigation and with fertilization, yields and inter annual variability are superior to in the sowing date "rainy entrance", and decrease in a progressive way in sowing to the end of year (table 3 and figure 3 a, b and c), which contrast with the two discussed levels previously. The percentage variation (V%) shows a sowing date effect because is superior in the time "rainy outlet 2" (October, 21) with a progressive decrease toward the time "rainy entrance" (May, 07). With 80% of probability, yields between 800 kg.ha<sup>-1</sup> and 2500 kg.ha<sup>-1</sup> would be reached for the sowing date "rainy entrance" (May, 07), for this productivity level whereas for the other two sowing dates the 80% of the waited yields would be even inferior.

**Cuadro 3. Estadísticas descriptivas de los resultados (kg.ha<sup>-1</sup>) obtenidos en un Entisol para varias productividades.**

**Table 3. Descriptive statistics of the results (kg.ha<sup>-1</sup>) obtained in an Entisol for several productivities.**

Niveles de productividad <sup>a</sup>	Grupos genéticos <sup>a</sup>	Fechas de Siembra														
		"Entrada de lluvias" (07 de mayo)				"Salida de lluvias 1" (21 de Sept.)				"Salida de lluvias 2" (21 de Octu.)						
		Min	Max	Prom	DS <sup>b</sup>	V % <sup>c</sup>	Min	Max	Prom	DS <sup>b</sup>	V % <sup>c</sup>	Min	Max	Prom	DS <sup>b</sup>	V % <sup>c</sup>
Potencial	1	1592	2867	2240	354	100	1939	3277	2646	313	100	2376	3514	2990	272	100
	2	1664	3027	2328	358	100	2006	3372	2793	283	100	2443	3901	3067	299	100
	3	1716	3744	2823	503	100	2647	4118	3363	366	100	2877	4544	3828	392	100
	4	1508	2930	2307	342	100	2188	3261	2745	229	100	2375	3713	3030	268	100
Prom.		1620	3142	2425	389		2195	3507	2887	298		2518	3918	3229	308	
Alcanzable con riego y fertilización	1	1009	2083	1722	255	23	1554	2650	2021	255	24	1247	2715	2044	323	32
	2	941	2305	1692	338	27	1433	2665	2077	304	26	1471	2750	2139	299	30
	3	1059	2680	1996	392	29	1674	3158	2512	348	25	1815	3287	2561	354	33
	4	892	2253	1652	304	28	1366	2718	2083	312	24	1367	2793	2084	319	31
Prom.		975	2330	1766	322	27	1507	2798	2173	305	25	1475	2886	2207	324	32
Alcanzable sin riego y con fertilización	1	449	2031	1332	446	41	94	2018	669	499	75	52	1899	303	380	90
	2	567	2076	1332	432	43	152	1827	740	401	74	86	1557	440	379	88
	3	636	2461	1675	506	41	174	1983	937	527	72	97	2379	535	485	86
	4	639	2091	1390	410	40	139	1782	789	429	71	79	1777	472	433	84
Prom.		573	2165	1432	449	41	140	1903	784	464	73	79	1903	438	419	87
Alcanzable sin riego y sin fertilización	1	250	796	527	162	77	76	674	334	170	87	50	574	198	131	93
	2	270	743	538	129	77	127	628	364	136	87	72	619	262	145	92
	3	271	791	560	128	80	150	641	400	142	88	79	707	301	163	92
	4	231	660	455	108	80	104	510	317	116	89	63	566	239	134	92
Prom.		256	748	520	132	79	114	613	354	141	88	66	617	250	143	92

<sup>a</sup>Grupos genéticos: 1. Variedad Montalbán; 2. Variedad Magdalena y los materiales promisorios DP-01-98-007 y MGM-03-99-06; 3. Los materiales promisorios DP-02-98-10 y MEM-02-00-16; 4. El material promisorio AM-05-00-06.

<sup>b</sup>DS: Desviación estándar.

<sup>c</sup>V. %: Variación porcentual, en todos los casos es negativa, excepto en el nivel potencial.

ocurrencia de rendimientos simulados entre 1700 kg.ha<sup>-1</sup> y 3200 kg.ha<sup>-1</sup> cuando se siembra en "salida de lluvias 2" (21 de octubre) para el nivel de productividad con montos de riego y fertilización predeterminados; en cambio para ese mismo nivel de productividad, en la época "entrada de lluvias" (07 de mayo) el 80% de probabilidad de ocurrencia de rendimientos simulados sucede en un rango de rendimientos de 1300 kg.ha<sup>-1</sup> a 2600 kg.ha<sup>-1</sup>, y para la época "salida de lluvias 1" se presenta una situación intermedia. Así, las figuras donde se presentan las distribuciones de frecuencias acumuladas permiten deducir las probabilidades de ocurrencia de rendimientos (figura 2 a, b y c).

Para el nivel alcanzable sin riego y con fertilización, los rendimientos y variabilidad interanual son mayores en la fecha de siembra "entrada de lluvias", y disminuyen progresivamente en la siembra hacia finales de año (cuadro 3 y figura 3 a, b y c), lo cual contrasta con los dos niveles discutidos anteriormente. La variación porcentual (V%) muestra un efecto de fecha de siembra, ya que es mayor en la fecha "salida de lluvias 2" (21 de octubre) con una disminución progresiva hacia la fecha "entrada de lluvias" (07 de mayo). Con un 80% de probabilidad, sólo se alcanzarían rendimientos entre 800 kg.ha<sup>-1</sup> y 2500 kg.ha<sup>-1</sup> para la fecha de siembra "entrada de lluvias" (07 de mayo), para este nivel de productividad, mientras que para las otras dos fechas de siembra el 80% de los rendimientos esperados sería incluso menor. Todo ello refleja las restricciones impuestas sobre el rendimiento por el estrés

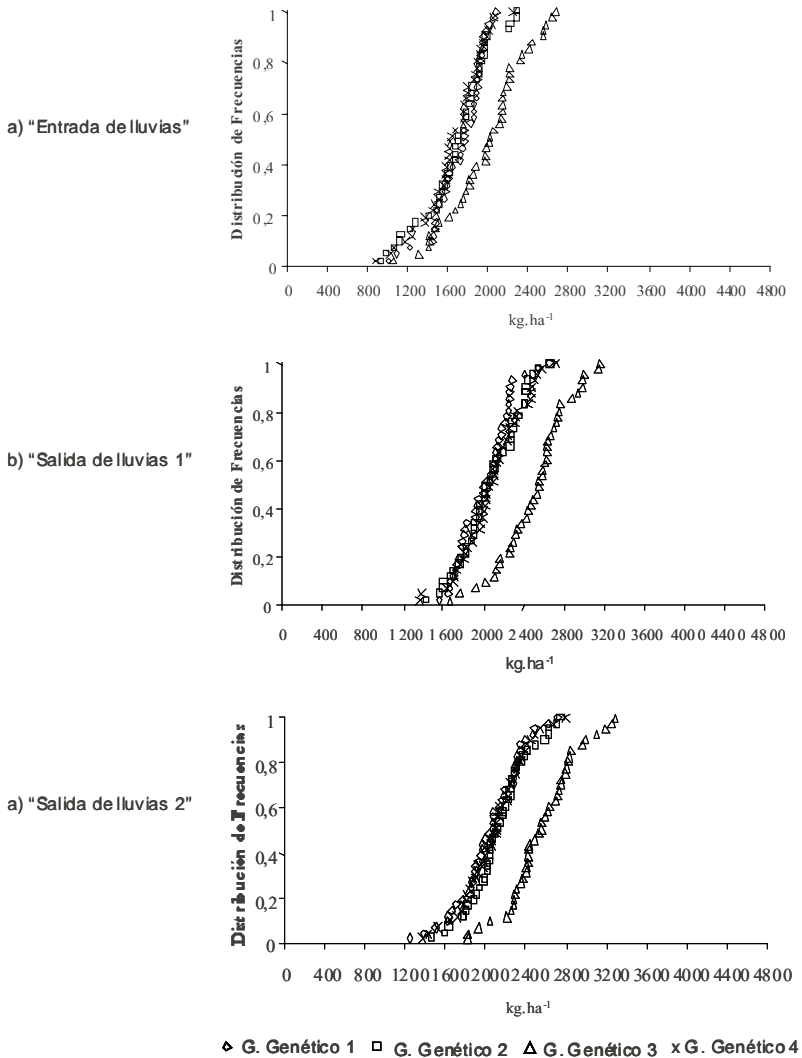
All this reflects restrictions imposed by yield by the hydric stress because the irrigation absence. 25% of region producers are located in this productivity level; for them, according to model, the best sowing date is in May, independently of the genetic material and soil type.

When nor irrigation not fertilization is applied, yields differences between genetics groups decreases, the percentages variations are maximized and even on May, 07 yields are extremely little (table 3 and figure 4 a, b and c), with values even inferior to the national average (826 kg.ha<sup>-1</sup>) (4), as a consequence of the productivity is affected, in one or more growing stadium of crop, by hydric stress and/or of nitrogen (because to the irrigation and fertilization absence) and by the characteristics (pH, texture, structure and effective depth) of soil. With 100% of probability yields World be inferior to 800 kg.ha<sup>-1</sup>)

These results illustrates that for the 75% of producers that have possibilities of irrigation and to apply nitrogen, is recommendable to move the sowing date toward end of year, specifically toward October-November with the purpose of reducing stress caused by high temperatures, to take advantage of higher levels of solar radiation and to improve its reachable yield levels.

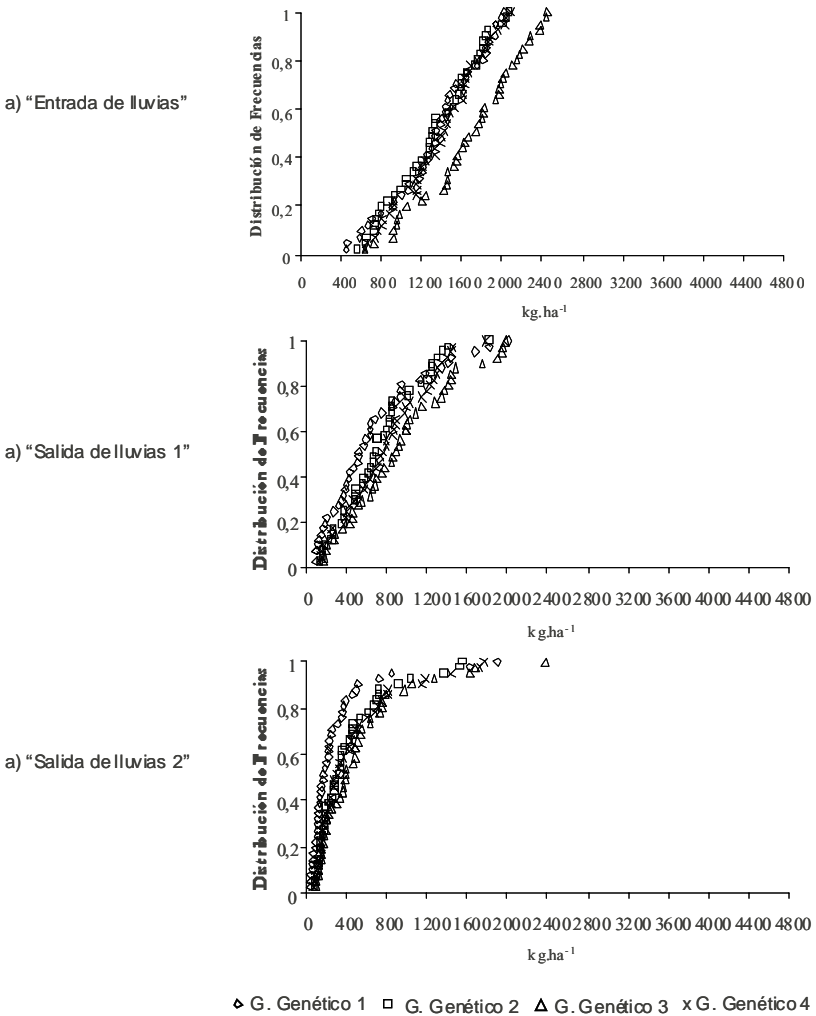
## Conclusions

Tool of simulation complemented with procedures of compilation of field information permitted to integrate an abundant



**Figura 2.** Rendimientos alcanzables ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) con riego y con fertilización de los cuatro grupos genéticos de caraota a) "entrada de lluvias", b) "salida de lluvias 1" y c) "salida de lluvias 2", en un Entisol del municipio Andrés Eloy Blanco del estado Lara.

**Figure 2.** Reacheable yields ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) with irrigation and with fertilization of the four genetic groups of bean to a) "rainy entrance", b) "rainy outlet 1" and c) "rainy outlet 2", on an Entisol of the Andres Eloy Blanco municipality, Lara state.



**Figura 3. Rendimientos alcanzables ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) sin riego y con fertilización de los cuatro grupos genéticos de caraota a) "entrada de lluvias", b) "salida de lluvias 1" y c) "salida de lluvias 2", en un Entisol del municipio Andrés Eloy Blanco del estado Lara**

**Figure 3. Reacheable yields ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) without irrigation and with fertilization of the four genetic groups of bean to a) "rainy entrance", b) "rainy outlet 1" and c) "rainy outlet 2", in an Entisol of the Andres Eloy Blanco municipality, Lara state.**

hídrico debido a la ausencia de riego. El 25% de los productores de la zona se ubica en este nivel de productividad, para ellos, según el modelo, la mejor fecha de siembra es en mayo, independientemente del material genético y tipo de suelo.

Cuando no se aplica riego ni se fertiliza, se minimizan las diferencias de rendimientos entre los grupos genéticos, se maximizan las variaciones porcentuales y aun en la fecha 07 de mayo los rendimientos son extremadamente bajos (cuadro 3 y figura 4 a, b y c), con valores incluso inferiores al promedio nacional ( $826 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (4), como consecuencia de que la productividad es afectada, en uno o más estadios de crecimiento del cultivo, por estrés hídrico y/o de nitrógeno (debido a la ausencia de riego y fertilización) y por las características (pH, textura, estructura y profundidad efectiva) del suelo. Con un 100% de probabilidad los rendimientos serían inferiores a  $800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

Estos resultados ilustran que para el 75% de los productores que tienen posibilidades de regar y aplicar nitrógeno, es recomendable desplazar la fecha de siembra hacia finales de año, específicamente hacia octubre-noviembre a los fines de reducir el estrés por altas temperaturas, aprovechar los niveles más altos de radiación solar y mejorar sus niveles de rendimientos alcanzables.

## Conclusiones

La herramienta de simulación complementada con procedimientos de recopilación de información de campo permitió integrar un volumen

de información edafoclimática y evaluar un gran número de tratamientos con un mínimo gasto de recursos económicos y de tiempo. Se encontraron diferencias apreciables en rendimientos en cuanto a variedades y materiales genéticos promisorios así como en cuanto a fechas de siembra para los niveles de productividad, lo cual evidencia la posibilidad de aumentar las expectativas de rendimientos alcanzables

## Acknowledgement

The authors want to express their thanks by the financing of this research to the Fondo Nacional de Ciencia, Innovación y Tecnología (FONACIT, Project S1-2001001016) and Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH, Project PG-01-30-4537-2003).

*End of english version*

de información edafoclimática y evaluar un gran número de tratamientos, con un mínimo gasto de recursos económicos y de tiempo. Se encontraron diferencias apreciables en rendimientos en cuanto a variedades y materiales genéticos promisorios así como en cuanto a fechas de siembra para los niveles de productividad, lo cual evidencia la posibilidad de aumentar las expectativas de rendimientos alcanzables



para los productores mediante el mejoramiento genético de variedades y el desplazamiento de la fecha de siembra hacia los meses de octubre-noviembre como alternativa para disminuir los efectos del estrés térmico.

## Agradecimiento

Los autores desean expresar agradecimiento por el cofinanciamiento a este trabajo al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT, Proyecto S1-2001001016) y Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH, Proyecto PG-01-30-4537-2003).

## Literatura citada

1. Boote, K.J., J.W. Jones y G. Hoogenboom. 1998. Simulation of crop growth: CROPGRO model. p 651-692. En: Peart, R. y R. Curry (eds.) *Agricultural systems modeling and simulation*. The University of Florida, USA.
2. Bragachini, M., A. von Martini, E. Lovera, A. Méndez, P. Salas y J. Dardanelli J. 2001. Uso de modelos CROPGRO-Soybean y CERES-Maize para agricultura de precisión. Argentina. Disponible en: [www.inta.gov.ar/manfredi/investiga/prodveg/agri2p01.htm](http://www.inta.gov.ar/manfredi/investiga/prodveg/agri2p01.htm) Consulta realizada el 29/04/2004.
3. Cataño, A. 1984. Estudio semidetallado de suelos con fines de ordenamiento de los alrededores de Sanare. Barquisimeto, Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, Dirección General de Información e Investigación del Ambiente. 64 p.
4. FAOSTAT, datos. 2005. Disponible en: <http://faostat.fao.org/> Consulta realizada el 08/03/2006.
5. Guédez, J. y R. Pérez. 1983. Caracterización edafoclimática de suelos representativos de la zona patera del estado Lara. Trabajo de ascenso. Barquisimeto, Venezuela. Escuela de Agronomía, Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. 95 p.
6. Guevara, J. 1987. Métodos de estimación y ajuste de datos climáticos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. 123 p.
7. Hoogenboom, G., J.W. Jones, K.J. Boote y C. Porter. 2000. CROPGRO main program and support subroutines, in DSSAT v4.0 Documentation and source code listing. Agricultural and Biological Engineering Department. Research report N° 2001-101. University of Florida, Gainesville, Florida. January 2000. [on line]. Disponible en: [www.csm1.ifas.ufl.edu/protected/CropgroDocs/cropgro\\_doc.html](http://www.csm1.ifas.ufl.edu/protected/CropgroDocs/cropgro_doc.html) Consulta realizada el 21/10/2003.
8. Hoogenboom, G., J.W. White, J.W. Jones y K.J. Boote. 1991. Dry bean Crop Growth Simulation Model. BEANGRO V1.01. User's Guide. University of Florida, The University of Georgia, International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer & Bean Program, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). *Florida Agricultural Experiment Station Journal No. N-00379*. 122 p.
9. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Climate Change Synthesis Report. The Scientific Basis. Contribution of working group 1 to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. (eds. Ding *et al.*) Disponible en: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) Consulta realizada el 04/03/2006.
10. Jame, Y.W. y H.W. Cutforth. 1996. Crop growth-models for decision support systems. *Can J. Plant Sci.* 76:9-19.

11. Ma L., D. Nielsen, L. Ahuja, J. Kiniry, J. Hanson y G. Hoogenboom. 2002. An evaluation of Rzwqm, CROPGRO and CERES-Maize for response to water stress in the central Great Plains. USA. Disponible en: [www.ars.usda.gov/research/publications](http://www.ars.usda.gov/research/publications) Consulta realizada el 29/04/2004.
12. Mariot, E. 1996. Avaliação do crescimento vegetativo de dez genótipos de feijoeiro submetidos ao estresse térmico em condições controladas. V Reunion Nacional de Pesquisa de Feijão. Anais Vol 1, resumos expandidos, EMBRAPA-CNPAP, Goiania, Go, Brasil. p 35-37
13. Meireles, E.J.L., A.R. Pereira y P.C. Sentelhas *et al.* 2002. Calibration and test of the cropgro-dry bean model for edaphoclimatic conditions in the savannas of Central Brazil. *Sci. agric.* (Piracicaba, Braz.). [online]. Oct./Dec. 2002, vol.59, no.4 [cited 03 May 2004], p.723-729. Available from World Wide Web: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162002000400016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162002000400016&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 0103-9016
14. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN), Fundación para el Desarrollo de la Región Centro Occidental de Venezuela (FUDECO), Gobernación del estado Lara e Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales (ILDIS). 1987. Caracterización Ambiental del estado Lara, documento base para el plan de ordenamiento del territorio del estado Lara. Barquisimeto, Venezuela. 229 p.
15. Portes, T de A. 1996. Ecofisiología. Cultura do feijoeiro common no Brasil. Coordinado por R. S. Araujo. POTAFOS, Piracicaba, Brasil. p 101 - 137
16. Prasad, P.V.V., K.J. Boote, L. H. Allen Jr y J.M.G. Thomas. 2002. Effects of elevated temperatura and carbon dioxide on seed-set and yield of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Global Change Biology* 8:710-721.
17. Puche, M., O. Silva y R. Warnock. 2005. Evaluación del efecto del cambio climático sobre cultivos anuales en Venezuela. En: Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Cap. 5.4. Impactos en el sector agrícola. Caracas, Republica Bolivariana de Venezuela. PNUD. MARN. GEF. p. 82-87.
18. Rosenzweig, C. y A. Iglesias. 1998. The use of crop models for international climate change impact assessment. In: *Understanding options for agriculture production*. Tsuji, Hoogenboom and Thornton, Eds. Kluwer Academic Publishers. 267-292.
19. Strebin, S. y J. Pérez. 1982. Capacidad de uso de las tierras del estado Lara. Caracas, Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, Dirección General Sectorial de Información e Investigación del Ambiente, Dirección de Suelos, Vegetación y Fauna. p 18-22.
20. Villalobos, R. y J. Retana. 2004. CROPGRO-Dry bean, un modelo de simulación del crecimiento y desarrollo del cultivo de frijol. Costa Rica. Disponible en: [www.imn.ac.cr/gesdesarrollo/ABSTRAT/CROPGRO.htm](http://www.imn.ac.cr/gesdesarrollo/ABSTRAT/CROPGRO.htm) Consulta realizada el 30/04/2004.
21. Warnock, R. 1999. Uso del modelo CROPGRO-Bean para impulsar la producción de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en Aragua. Trabajo de Ascenso. Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 85 p.
22. Warnock, R., P. Madriz y A. Trujillo. 2005. Determinación de los coeficientes genéticos del modelo CROPGRO para siete cultivares de caraota en Venezuela. *Interciencia* 30(4):205-212.
23. White, J.W. y Y. Izquierdo. 1989. Frijol: Fisiología del potencial del rendimiento y tolerancia al estrés. FAO y CIAT. 91 p.