



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POSTGRADO EN AGRICULTURA TROPICAL
MENCIÓN: MEJORAMIENTO DE PLANTAS
MATURÍN ESTADO MONAGAS**

**DESARROLLO VEGETATIVO DE 10 CULTIVARES CRIOLLOS DE
FRIJOL (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) SOMETIDOS A DIFERENTES
FRECUENCIAS DE RIEGO Y DOSIS DE CAL EN CONDICIONES DE
VIVERO A CIELOS ABIERTOS**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO POR
MICHEL JOSÉ HERNÁNDEZ GONZÁLEZ**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAGISTER SCIENTIARUM AGRICULTURA TROPICAL**

DICIEMBRE; 2017



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
VICERRECTORADO ACADÉMICO
CONSEJO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
NÚCLEO DE MONAGAS
POSTGRADO EN AGRICULTURA TROPICAL**

Nº. 89

ACTA DE TRABAJO DE GRADO

Nosotros, **NICOLÁS VALLADARES, VÍCTOR OTAHOLA Y JOSÉ ALEXANDER GIL** Cédula de Identidad números **2.436.010, 4.713.955 y 8.469.875**, integrantes del jurado designado por la Comisión Coordinadora del Postgrado en Agricultura Tropical, para examinar el Trabajo de Grado titulado: “ **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE 10 CULTIVARES DE FRIJOL (*Vigna unguiculata* (L) WALP) SOMETIDOS A DIFERENTES FRECUENCIAS DE RIEGO Y DOSIS DE CAL.**”, presentado por el Ing. **MICHEL HERNANDEZ** con cédula de identidad N° **V-19.091.738**, a los fines de cumplir con el requisito legal para optar al grado de **Magister Scientiarum en Agricultura Tropical, Mención: MEJORAMIENTO DE PLANTAS**, hacemos constar que hemos examinado el mismo e interrogado al postulante, en sesión pública celebrada hoy, a las 11:00 am, en el aula A-3 del Centro de Postgrado del Núcleo de Monagas. Finalizada la defensa del trabajo por parte del postulante, el Jurado decidió Aprobarlo (Aprobarlo o Improbarlo) por considerar, sin hacerse solidario de las ideas expuestas por el autor, que el mismo se (se/no se) ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado de la Institución. En fe de lo anterior se levanta la presente Acta, que firmamos conjuntamente con el Coordinador del Postgrado en Agricultura Tropical en la ciudad de Maturín, a los quince días del mes de Diciembre del año Dos mil Diecisiete.

Jurado Examinador:

PH.D. Nicolás Valladares (Tutor)

M.Sc. Víctor Otahola (Jurado)

Dr. Jose Alexander Gil (Jurado)

Dr. Ivàn José Maza

Coordinador del Programa de Postgrado

DEDICATORIA

A Jehová Dios omnipotente, omnisciente y omnipresente.

A mi Madre biológica Magalis por haber sido siempre mi fuente de apoyo e inspiración en la tierra.

A mis hijos Rachel y Michel.

A mis amigos, Luzmila y George.

Y a todas las personas que comparten conmigo mi inmensa e insaciable necesidad de inquirir sabiduría.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente al Santísimo y altísimo Señor, Jehová de los ejércitos, por las cosas que tengo, he de tener y vivir y, por lo, que soy y he de ser, a él mi máximo agradecimiento.

A mi asesor el Profesor Nicolás Valladares el apoyo prestado en mi carrera y por funcionar como punto de referencia para mi desarrollo profesional.

A mi Madre por todo el apoyo brindado.

Al Profesor Víctor Otahola

Al Profesor José Alexander Gil

Al Profesor Nelson Montaña

Al Profesor Jesús Méndez

A mi compañero de experimento y amigo Eudyn.

A mis sobrinos Daniel Josué, Axel, y Luis Santiago

A mi primo José Gregorio

A Luis Prado por su colaboración

A mi primo Yoandris por toda su colaboración y el apoyo brindado.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	x
SUMMARY	xi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	4
GENERAL	4
ESPECÍFICOS	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
GENERALIDADES DEL CULTIVO DE FRIJOL	5
Origen y difusión del Frijol	5
Importancia del frijol	5
Valor nutritivo del frijol.....	6
Taxonomía	6
Descripción Botánica.....	7
Requerimientos edafoclimáticos.....	7
Producción en Venezuela	9
Variedades certificadas en el país.....	9
Evaluaciones de variedades certificadas y registradas, líneas experimentales y cultivares criollos.....	11
HUMEDAD.....	14
Humedad en el suelo.....	14
El agua en la planta.....	18
Movimiento radial del agua en la raíz	21
Potencial hídrico	23
Movimiento del agua en el sistema vascular	24
Efectos del estrés por déficit hídrico en plantas	26
Disminución del crecimiento: procesos biofísicos	27
Estimulación de la senescencia y la caída de la hoja.....	29
Sobre la apertura/cierre de estomas	30
Sobre la fotosíntesis	33
Sobre la raíz	35
CALCIO	36
Calcio en la planta	36
El calcio en el suelo	39
Efecto de las aplicaciones de calcio sobre su contenido en el suelo	40

Efecto de las variaciones de Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+} en plantas	43
Efecto de las relaciones de Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+} en algunos cultivos.....	46
MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
RESULTADOS.....	62
CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE LA REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	62
CANTIDAD DE AGUA APLICADA A CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.....	62
CONDICIONES QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL SUELO DEL EXPERIMENTO.....	63
CARACTERES DEL DESARROLLO VEGETATIVO	65
Porte de la planta	65
Altura (cm) Aparente	65
Longitud (cm) del eje central.....	67
Diámetro (mm) del eje central.....	69
Numero de ejes laterales/planta.....	69
Longitud (cm) de los ejes laterales	70
Materia (g) fresca parte aérea	74
Materia (g) fresca raíz.....	74
Materia (g) seca parte aérea	75
Materia (g) seca raíz	77
DISCUSIÓN	80
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92
APÉNDICE.....	101
HOJA DE METADATOS	129

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Producción del frijol en Venezuela en los últimos 18 años.	9
Cuadro 2. Factores y niveles utilizados para formar los tratamientos.	52
Cuadro 3. Análisis de varianza aplicado a las variables cuantitativas.	55
Cuadro 4. Temperaturas y precipitación registrada en Maturín entre los meses de abril y mayo de 2016.	64
Cuadro 5. Algunas características físicas y químicas del suelo con que se realizó el experimento.	65
Cuadro 6. Análisis de promedios de la altura (cm) aparente de planta de 10 cultivares de frijol sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para la interacción frecuencia de riego*dosis de cal.	66
Cuadro 7. Análisis de promedios de la longitud (cm) del eje central de la planta, de 10 cultivares de frijol sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para la interacción frecuencia de riego*dosis de cal.	66
Cuadro 8. Análisis de promedios del diámetro (mm) del eje central de la planta, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal.	67
Cuadro 9. Análisis de promedios del diámetro (mm) del eje central de la planta, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor frecuencia de riego.	70
Cuadro 10. Análisis de promedios del número de ejes laterales/planta, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor frecuencia de riego.	70
Cuadro 11. Análisis de promedios de la longitud (cm) de los ejes laterales de la planta, de 10 cultivares de frijol sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para la interacción cultivar*frecuencia de riego*dosis de cal.	73
Cuadro 12. Análisis de promedios de la materia (g) fresca de la parte aérea, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor frecuencia de riego.	76
Cuadro 13. Análisis de promedios de la materia (g) fresca de la raíz, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor cultivar.	76
Cuadro 14. Análisis de promedios de la materia (g) fresca de la raíz, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor frecuencia de riego.	76
Cuadro 15. Análisis de promedios de la materia (g) fresca de la raíz, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor dosis de cal.	77

Cuadro 16. Análisis de promedios de la materia (g) seca de la parte aérea, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor frecuencia de riego.....	77
Cuadro 17. Análisis de promedios de la materia (g) seca de la parte aérea, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor dosis de cal.....	77
Cuadro 18. Análisis de promedios de la materia (g) seca de la raíz, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor cultivar.	78
Cuadro 19. Análisis de promedios de la materia (g) seca de la raíz, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor frecuencia de riego.....	79
Cuadro 20. Análisis de promedios de la materia (g) seca de la raíz, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor dosis de cal.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Unidad experimental contentiva de seis bolsas cada una con una planta....	53
Figura 2. Croquis del arreglo de las unidades experimentales dentro de cada repetición.	53
Figura 3. Diagrama de la capacidad de campo	56
Figura 4. Plano experimental	57

RESUMEN

En la comunidad de “Los Guaros”, municipio Maturín de abril a junio de 2016, se realizó un experimento para evaluar el desarrollo vegetativo de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a diferentes frecuencias de riego y dosis de cal, con el objeto de diferenciar e identificar el nivel de adaptabilidad de cada uno de los cultivares a condiciones de estrés abiótico, permitiendo de esta forma obtener cultivares plenamente caracterizados para utilizar en programas de mejoramiento genético. Se utilizó el diseño estadístico de Bloques al Azar y arreglo de tratamientos en forma factorial con tres factores y cuatro repeticiones para un total de 80 tratamientos, lo que suma 320 unidades experimentales. La evaluación comprendió un total de siete caracteres del desarrollo vegetativo tales como: altura (cm) aparente, porte de la planta, porte de la planta, longitud (cm) del eje central, diámetro (mm) del eje central, número de ejes laterales/planta, longitud (cm) de los ejes laterales, materia (g) fresca y seca de la parte aérea y la raíz. La altura (cm) aparente reflejó que las plantas de los tratamientos que combinan riego todos los días (62,7 cm) y cada tres días (60,3 cm) con la dosis cero Kg/Ha alcanzaron alturas superiores al resto de las combinaciones y estadísticamente similares entre sí. Todos los cultivares evaluados resultaron con porte erecto. La longitud (cm) de los ejes laterales arrojó que, sin importar el cultivar, la frecuencia de riego que mayor longitud de los ejes mostró en las plantas fue la de todos los días (TD) seguida de los tratamientos que se regaron cada tres días (C3D) y cada cinco días (C5D) y por último cada siete días (C7D). Para la variable materia (g) fresca de la parte aérea solo se encontró diferencias estadísticas en el factor frecuencia de riego siendo los tratamientos basados en las frecuencias de todos los días (61,6 g) y cada tres días (59 g) superiores al resto de los tratamientos. La materia (g) fresca radical mostros diferencias estadísticas para el factor cultivar y dosis de cal al igual que la variable materia (g) seca de la parte aérea, por el contrario la variable materia (g) seca radical arrojó diferencias estadísticas solo para el factor cultivares.

Palabras claves: cultivares, sequia, encalado, adaptación, estrés abiótico.

SUMMARY

In the community of "Los Guaros", municipality of Maturín from April to June 2016, an analysis was carried out to evaluate the vegetative development of 10 bean cultivars (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometimes at different irrigation frequencies and doses of lime, in order to differentiate and identify the level of adaptability of each of the crops, abiotic stress conditions, allow this way to obtain fully characterized cultivars for use in breeding programs. We used the statistical design of Random Blocks and treatment adjustments in factorial form with three factors and four repetitions for a total of 80 treatments, which adds 320 experimental units. The evaluation comprises a total of seven characters of the vegetative development such as: height (cm) apparent, plant size, height of the plant, length of the central axis, diameter of the central axis, number of lateral axes / plant, length (cm) of the lateral axes, matter (g) fresh and dry of the aerial part and the root. The height (cm) apparent reflected that the plants of the treatments that combine every day (62.7 cm) and every three days (60.3 cm) with the zero dose Kg / Ha have reached higher heights than the rest of the combinations and statistically similar to each other. All the evaluated cultivars were erect. The length (cm) of the lateral axes that showed that, regardless of the cultivar, the frequency of irrigation that the greatest length of the axes showed in the plants was that of every day (TD) (C3D) and every five days (C5D) and lastly every seven days (C7D). For the fresh matter (g) variable of the aerial part, only differences in the frequency of irrigation have been found, the treatments are in the frequencies of every day (61.6 g) and every three days (59 g) rest of the treatments. The matter (g) fresh radical showed differences for the cultivar factor and equal calorie dose for the variable matter (g) dry of the aerial part, on the contrary the variable matter (g) dry radical showed statistical differences only for the cultivars factor.

Keywords: cultivars, drought, liming, adaptation, abiotic stress.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en Venezuela ocupa el segundo lugar entre las leguminosas de granos comestibles, Además, es bien sabido que muchas familias campesinas del país cada año hacen cosechas de frijol, además de fines comerciales también como sustento, evidenciando la gran importancia del rubro. Su cultivo se realiza principalmente en la zona llanera (Instituto de Investigación en Agricultura Tropical -IITA, 2007).

El frijol es un cultivo anual, se adapta a condiciones de escasez de agua y baja fertilidad de suelos y tolera condiciones de acidez de los suelos. Este cultivo, además tolera climas cálidos y se adapta a diferentes suelos, por lo cual es posible conducir en el país planes de siembra para tratar de satisfacer las necesidades básicas de proteínas en la población venezolana (Linares, 1993).

Una gran gama de variedades de tipo agronómico y taxonómico de frijol existen en el mundo adaptadas a distintos ambientes, pero son pocas las que se explotan con fines comerciales por el desconocimiento de la especie como fuente alimenticia, quedando ésta rezagada a los últimos lugares en la dieta diaria de muchos países (Instituto de Investigación en Agricultura Tropical -IITA, 2007).

Lo expuesto anteriormente no ocurre en las zonas del Oriente y Los Llanos venezolanos, ya que este grano es muy apetecido por sus habitantes, así que en esta zona el cultivo de frijol juega un papel muy importante en la alimentación.

Esto define la importancia de realizar trabajos orientados a la búsqueda de variabilidad genética tanto en los Bancos de Germoplasma como en los cultivares criollos de frijol, para posteriormente conducir programas de mejoramiento que

incorporen caracteres favorables en una o varias variedades de tipo agronómico que puedan ser liberados al mercado a fin de satisfacer la demanda de proteína y alimento en la población venezolana (Linares, 1993).

Es de vital importancia la evaluación y caracterización de materiales que puedan ser posibles sustitutos de los que son cultivados actualmente; en casos donde ya los rendimientos no sean suficientes para cubrir los costos de producción, donde los cultivares presenten problemas fitopatológicos o entomológicos por el uso consecutivo durante mucho tiempo y, para poder contar con información de adaptabilidad.

A fin de desarrollar nuevos cultivares, en la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, desde el 2010 se viene trabajando con un total de 33 cultivares criollos adquiridos a través del banco de germoplasma del CENIAP-MARACAY de donde se tomaron los 10 que mejor comportamiento han mostrado, para la realización de este ensayo, con el fin de poder generar la información que indique posibles cultivares promisorios para la implementación de futuros programas de selección de donde se puedan obtener cultivares con alto potencial de rendimiento (Duran; 2010).

En muchos de los materiales criollos de frijol que son cultivados en el país se desconoce su procedencia, por lo que desde hace un tiempo los institutos dedicados a la investigación agrícola en el país, se han abocado a evaluar y describir muchos de estos materiales, siendo la Universidad de Oriente pilar fundamental en esto.

El constante cambio en las condiciones climatológicas del mundo, en especial lo concerniente al fenómeno “EL NIÑO”, ha provocado innumerables pérdidas de zonas cultivables y cuantiosas sumas de dinero en siembras infructuosas, donde los rendimientos no han alcanzado el 50% de lo reportado por los diferentes potenciales genéticos de los distintos cultivares, de acuerdo con lo reportado por la FAO (2015).

En el vecino país de Colombia se cuantificaron para el año 2016 en miles de hectáreas las zonas que han quedado bajo las llamas, producto de la sequía prolongada desde hace tres años, causadas por el fenómeno ya mencionado; en Venezuela las condiciones no son diferentes. Según INAMEH (2016), 14 de las 24 entidades federales se encuentran para el año 2016, en déficit (-15%) lo que indica que las precipitaciones para estas entidades serán 15% menos de lo acostumbrado. El estado Monagas es uno de estos estados, mientras que el vecino estado Anzoátegui por otro lado se encuentra en exceso (+15). El mismo instituto reporta que para el estado Monagas las probabilidades de lluvia para este año aumentan después de Junio en un rango del 20% al 30%. Lo que es alarmante para la producción del estado y en general para los 14 que se encuentran bajo la condición de *déficit*.

En consecuencia, se determinará posibles diferencias existentes en los materiales a evaluar y diferenciar entre ellos los que más resisten la sequía o falta de riego y cuál es la condición de cal más recomendable para estos cultivares.

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el desarrollo vegetativo de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) sometidos a diferentes frecuencias de riego y dosis de cal, en condiciones de materos a cielos abierto.

ESPECÍFICOS

- Evaluar el desarrollo vegetativo de 10 cultivares de frijol en función de las variables: porte de la planta, altura (cm) aparente, longitud (cm) del eje central, numero de ejes laterales/planta, longitud (cm) de los ejes laterales, diámetro (mm) del tallo, materia (g) fresca y seca aérea y de la raíz.
- Determinar las frecuencias de riego más favorable para el desarrollo de los diferentes cultivares, así como determinar cuáles de los cultivares son más resistentes a la falta de agua en función de los caracteres señalados.
- Determinar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de cal sobre las características vegetativas de 10 cultivares de frijol.
- Determinar el efecto de las diferentes interacciones entre los factores estudiados sobre el desarrollo vegetativo de los diez cultivares.

REVISIÓN DE LITERATURA

GENERALIDADES DEL CULTIVO DE FRIJOL

Origen y difusión del Frijol

El frijol, cowpea, Caupí, Crowder guisantes, kúnde, nieve, negro-eyed, lubia, guisante del sur, debe el nombre de su género al investigador Dominico Vigna, y pertenece a la familia Fabaceae, es una planta autógama diploide con número cromosómico $2n= 22$ y número básico (genomio) $n= 11$ (Davis *et al.*, 1991).

El mismo autor indica que el frijol es uno de los cultivos más antiguos conocidos por el hombre. Se originó en África occidental, algunos autores mencionan que específicamente se originó en Nigeria, y es ampliamente cultivado en África, América Latina, Asia Sudoriental y en el sur de los Estados Unidos. La historia del frijol se remonta a la antigua agricultura de cereales de África Occidental, 5 a 6 mil años atrás, donde estaba estrechamente asociado con el cultivo de sorgo y mijo perla.

Importancia del frijol

El frijol en Venezuela ocupa el segundo lugar entre las leguminosas de granos comestibles, su cultivo se realiza principalmente en las zona llanera y nororiental del país (Instituto de Investigación en Agricultura Tropical-IITA, 2007). Es utilizado principalmente como un cultivo de granos, forraje para animales, o como una hortaliza. El alto contenido proteico y de carbohidratos de este cultivo lo convierte en un alimento ideal para el consumo humano. En Venezuela más de 90% del aporte proteico para el consumidor, es de origen animal que además contiene sustancias nocivas para la salud humana tales como triglicéridos, colesterol y ácido úrico, por

este motivo el frijol pudiera ser considerado como complemento diario de la alimentación. Venezuela en este momento atraviesa una situación de baja producción de alimentos, siendo el frijol uno de los cultivos más consumidos y adaptables a diferentes condiciones ambientales, este hecho le ha venido dando al frijol una alta aceptabilidad dentro de la alimentación diaria en Venezuela, llegando en algunos estados a ser preferida primero que la caraota.

Valor nutritivo del frijol

La composición principal de las semillas maduras del frijol es aproximadamente 25% de proteína, 1,5-2% de grasa, 5-7% de fibra, carbohidratos 60-70%, tiamina 0,0005-0,0009%, riboflavina 0,0003-0,0005%. Además de este contenido la semilla es rica en los aminoácidos, lisina y triptófano, en comparación con los cereales, sin embargo, es deficiente en metionina y cistina en comparación con la carne de los animales. Por lo tanto, la semilla de frijol se valora como un suplemento alimenticio para los cereales y un extensor para las proteínas animales (Davis *et al.*, 1991).

Taxonomía

- Reino: Plantae
 - División: Magnoliophyta
 - Clase: Magnoliopsida
 - Orden: Fabales
 - Familia: Fabaceae
 - Género: Vigna
 - Especie: *Vigna unguiculata* (L.) Walp.
- Purseglove, (1974)

Descripción Botánica

El frijol es una hierba anual arbustiva, erecta, semi-erecta o rastrera y puede alcanzar 80 cm o más de altura cuando es erecta, las plantas son en su mayoría glabras; la raíz primaria es del tipo embrionaria pivotante (axonomorfa) con raíces laterales cerca de la superficie del suelo, las raíces presentan grandes nódulos; los tallos procumbentes por lo general, en algunos casos teñidos de púrpura (antocianos); las hojas son simples en primer lugar las que están por encima de los cotiledones y las posteriores son trifoliadas; los pecíolos son acanalados de 5-15 cm de largo; hojas ovoides y hasta con forma de rombo completas o ligeramente lobuladas, el ápice es agudo (hojas trifoliadas), la longitud de la hoja varía desde 6,5 a 16 cm de largo y desde 4 a 11 cm de ancho, hojas laterales oblicuas; inflorescencias axilares de 2 a 4 flores, con cáliz acampanada de cinco sepalos, corola de color blanco, amarillo o violeta (dependiendo de la variedad) con el estandarte de 2-3 cm de diámetro, quilla truncada; estambres diadelfos, las anteras uniformes; vaina curva, recta o en espiral; semillas de 2-12 mm de largo, reniformes globulares, lisa o arrugada, de colores variables que van desde rojo, negro, marrón, verde amarillo a blanco, como color dominante; peso de 100 semillas de 5 a 30 g (dependiendo de la variedad o cultivar). La germinación es fanerocotilar y ocurre siempre y cuando exista humedad dependiendo de la sensibilidad de la variedad a la temperatura, fotoperiodo y demás condiciones (Davis *et al.*, 1991; Vásquez, 1993).

Requerimientos edafoclimáticos

El frijol es tolerante a la sequía, a climas cálidos, está bien adaptado a las regiones más secas de los trópicos, donde otras leguminosas alimenticias no tienen un buen desempeño. También tiene la habilidad de formar simbiosis con bacterias nitrificantes, a través de la formación de nódulos en sus raíces; crece bien en suelos pobres y con más del 85% de arena y con menos del 0,2% de materia orgánica y

bajos niveles de fósforo. Además, es tolerante a la sombra, y por lo tanto, compatible como cultivo intercalado con maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y algodón (*Gossypium hirsutum*). Esto hace del frijol un componente importante de los sistemas tradicionales de cultivos intercalados, especialmente en el complejo de la agricultura de subsistencia de los sistemas secos de las sabanas en el África subsahariana (Instituto de Investigación en Agricultura Tropical-IITA, 2007).

Los requerimientos del frijol, varían con la variedad o el cultivar, normalmente es cultivado en regiones tropicales aunque existen sus excepciones, pero no soporta heladas al igual que la germinación es lenta en temperaturas por debajo a los 18 °C (Davis *et al.*, 1991).

El frijol tolera una amplia gama de suelos desde muy pesados hasta los muy arenosos, mostrando una ligera preferencia por los suelos sueltos donde pueda desarrollar un buen sistema radical; en cuanto a las inundaciones no es tolerante y tampoco tolera la salinidad, de igual forma tolera suelos con pH desde 5,5 hasta 7,5. No tolera la presencia elevadas concentraciones de aluminio. El frijol se desarrolla en condiciones óptimas en temperaturas que van desde los 25 a los 35 °C y alturas que van desde cero metros hasta los 500 m.s.n.m. Hoy en día, el frijol se cultiva en toda las zonas tropicales y subtropicales entre los 35 ° N y 30 ° S, a través de Asia y Oceanía, Oriente Medio, el sur de Europa, África, el sur de EE.UU., y América Central y del Sur (Singh *et al.*, 1997).

Los mismos autores señalan que el frijol puede ser incorporado al suelo o propagado en la superficie del mismo de 8 a 10 semanas después de la siembra, y puede proporcionar el equivalente de 80 Kg/ha N para un posterior cultivo.

Producción en Venezuela

Para el año 2015, Fedeagro (2016) reporta que en Venezuela se cosecharon 19.931 Hectáreas, lo que, representa un incremento en la producción de aproximadamente 40,61 %. Dicho valor en el incremento de la producción hace referencia a la importancia de dicho rubro para la población Venezolana. Además la misma institución reporta que para el año 2015, los rendimientos disminuyeron a 709 Kg/Ha en comparación con el año 2014 donde los rendimientos obtenidos fue 802 Kg/Ha y aún más con respecto al año 2008, donde los rendimientos obtenidos estuvieron alrededor de los 1955 Kg/Ha dichas cifras pueden observarse en el Cuadro 1 así con la de años anteriores.

Cuadro 1. Producción del frijol en Venezuela en los últimos 18 años.

Frijol	Años																		
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vol. Produccion (ton)	13.025	13.687	13.338	10.663	9.28	9.255	15.504	22.486	24.213	8.343	16.771	25.416	31.066	36.396	48.27	23.981	8.154	9.49	14.128
Superficie cosechada (Has)	19.615	18.964	17.905	13.965	12.017	12.124	19.268	27.334	29.755	9.792	20.118	13	23.001	30.336	47.056	28.782	10.832	11.837	19.931
Rendimientos (kg/ha)	664	722	745	764	772	763	805	823	814	852	834	1.955	1.351	1.2	1.026	833	753	802	709

Fuente: Fedeagro, 2017.

Variedades certificadas en el país

A pesar de la importancia que representa este cultivo para el país, el SENASEM solo ha certificado para la producción comercial hasta ahora cuatro cultivares de frijol, los cuales se mencionan en el siguiente apartado. Sin embargo, ante ese organismo se han registrado otros cultivares que no fueron certificados por no superar los rendimientos del cultivar testigo, pero están registrados y evaluados en los Experimentos Regionales del INIA y del FONAIAP(anterior INIA). También, en las Universidades se han desarrollado líneas experimentales, que han sido evaluadas,

pero que no han sido registradas en el SENASEM y, por consecuencia, no han sido incluidas en los Experimentos Regionales del INIA. Además, en el país a nivel artesanal hay varios cultivares que se pueden mencionar aunque no se cuenta con descripciones técnicas de los mismos, ni se les ha hecho selección para pureza genética, manteniéndose a través del tiempo como mezclas con algunas características muy particulares; entre estos cultivares artesanales tenemos: Galleta (color blanco), bolita (color blanco), huevo e mato (color blanco), vaina de sable (color bayo), entre otros (INIA, 2016).

De acuerdo con Ortega *et al.*, (1992), a continuación se hace una descripción de las cuatro variedades certificadas en el país:

Tuy”: Es una variedad de semillas de color crema con un porte semi-erecto, el cual presenta de 13 a 15 semillas por vaina y un ciclo de desarrollo aproximado de 75 días y un peso de 100 semillas de 16 a 18 g. aproximadamente.

“Apure”: Ésta variedad presenta un ciclo de desarrollo de 82 días aproximadamente, la semilla es de color blanco presentando además un peso de 100 semillas desde 9 a 11 g. y el número de éstas contenidas por cada vaina, ronda un rango de 12 a 16 semillas, el porte de la planta es semi-erecto.

“Unare”: Es una variedad que presenta semillas de color blanco y el peso de 100 semillas ronda desde los 14 a 16 g, siendo el número de semillas por vaina de 14 a 16 aproximadamente, el ciclo de desarrollo de la planta tarda 85 días en promedio y el porte de la planta es totalmente erecto.

“Orituco.” El ciclo de desarrollo de ésta esta variedad es de aproximadamente 80 días, siendo el porte de la planta totalmente erecto, el color de la semilla es blanco,

el peso de 100 semillas varía entre 13 y 14 g. y el número de semillas por vaina es de 13 a 14 en promedio.

Evaluaciones de variedades certificadas y registradas, líneas experimentales y cultivares criollos

Valladares (1990), trabajando con varias líneas de frijol “Tejero Criollo” y en diferentes épocas de siembra; encontró que la longitud promedio de las guías por planta fue mayor en el ambiente de lluvias de norte de los años 86-87, con un valor de 68,5 cm, que los valores obtenidos para el ambiente de lluvias de norte de los años 85-86 (43,3 cm) y lluvias-86 (38,1 cm), así mismo encontró que el número de guías por planta promedio en el ambiente de lluvias-86 (4,3 guías por planta) fue mayor al promedio obtenido para el ambiente de lluvias de norte-86-87 (3,7 guías/planta). Además, señaló que el número de nudos por planta para el ambiente de lluvias de norte-86-87 (7,5 nudos), fue mayor a los reportados para los ambientes de lluvias de norte-85-86 (5,2 nudos) y lluvias-86 (4,7), siendo estos dos últimos similares; en el mismo sentido encontró que el hábito de crecimiento en frijol puede variar de una línea a otra, dependiendo de condiciones ambientales que favorezcan o no el desarrollo de los ejes de los diferentes cultivares.

Luna (1996), trabajando con un grupo de 12 líneas de frijol provenientes del cruce T.C.-9-6 x TVX-3871-02F, en la época de lluvias de norte-94-95, encontró que los ejes laterales por planta, experimentaron variaciones entre 1,87 y 3,57 ejes por planta, así mismo indicó que para el carácter longitud de los ejes laterales, existió diferencias para todas las líneas evaluadas.

Acosta (1995), evaluó el efecto de la evapotranspiración en cuatro líneas experimentales en condición de maceta a pleno sol, encontró que las plantas mostraron un reducido desarrollo vegetativo. De igual forma, encontró que las líneas

mostraron diferencias estadísticas en las variables diámetro del tallo (0,66 a 0,99 cm), número de ejes laterales (2,94 a 4,75 ejes), longitud de los ejes laterales (10,21 a 23,06 cm), peso de la raíz (1,19 a 2,63 g).

Vásquez (1989), trabajó con caracterización y descripción a nivel morfológico de algunos cultivares de frijol, encontró que la inmensa cantidad de resultados obtenidos para la caracterización y descripción hace un poco largo y complejo el trabajo cuando se intentan describir cultivares, por lo que, se propone dividir la caracterización de acuerdo a las distintas etapas de desarrollo del cultivo, además señaló que muchos de los caracteres (descriptores) que solo aparecen en ciertas etapas del desarrollo de la planta juegan un gran papel a la hora de diferenciar entre cultivares, por lo que, son denominados “Caracteres Eventuales”. Así mismo, explicó que varios caracteres pueden definirse como invariantes y son aquellos que son propios de la variedad que nos permiten distinguir rasgos varietales en distintas épocas y ambientes ya que no son alterados en gran medida por este factor, lo que permite una expresión fenotípica debida casi en su totalidad al genotipo que describe dicho carácter y los variantes sobre los que el ambiente tiene un alto grado de influencia en sus expresiones fenotípicas al variar los ambientes y aun dentro de un mismo ambiente.

Torrealba *et al.* (2014) trabajaron en Evaluación y selección participativa de cultivares de *Vigna unguiculata* en la localidad de Calabozo estado Guárico y reportaron rendimientos de 399,2 kg/ha y 833,4 kg/ha para los cultivares Tuy e I-557 respectivamente Al momento de la siembra se aplicó 20 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 40 kg ha⁻¹ de K₂O. El riego empleado fue por gravedad mediante surcos, con una frecuencia de cada 7 días durante el desarrollo del cultivo. El manejo agronómico se realizó con énfasis en la aplicación de bioinsumos, principalmente biofertilizantes, tales como 2 litros ha⁻¹ de cepa fijadora de nitrógeno simbiótico (*Bradyrhizobium* sp.) más 2 litros ha⁻¹ de cepa solubilizadora de fósforo, realizando la aplicación a los

15 días después de la siembra del cultivo. El suelo utilizado fue de textura franco-limosa; pH: 6,7; materia orgánica de 2,77% (media).

León *et al.* (2013), realizaron evaluación agronómica y participativa de cultivares de frijol [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] en Calabozo, estado Guárico, Venezuela y encontraron para el cultivar tuy rendimientos de 1355, 03 kg/ha y una altura aparente de plantas a madurez comercial de 37,23 cm, mientras que para los cultivares I-561 e I-557 se reportaron rendimientos de 1148,04 kg/ha y 1259,65 kg/ha respectivamente y altura aparente de 52,2 cm y 54,07 cm en el mismo orden. de manera agroecológica con énfasis en la aplicación de bioinsumos, principalmente biofertilizantes, tales como 2 L ha⁻¹ de Cepa fijadora de nitrógeno simbiótico del género *Bradyrhizobium* más 1,5 L ha⁻¹ de cepa solubilizadora de fósforo, realizándose la aplicación a los 15 días después de la siembra. El suelo utilizado en el ensayo presentó textura franco-arcillo-limosa con la presencia de 5 mg kg⁻¹ de fósforo, 47 mg kg⁻¹ de potasio, 601 mg kg⁻¹ de calcio, 200 mg kg⁻¹ de magnesio, 3,29 % de materia orgánica, pH de 6,3 y conductividad eléctrica menor a 0,04 en 1:5 dS m⁻¹ a 25 °C.

Hernández y Valladares 2012, reportaron en su trabajo evaluación del desarrollo vegetativo de 19 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivados en Santa Bárbara, estado Monagas, Venezuela, en época de Norte, 2008, diámetro del tallo entre 7,3 mm y 8,9 mm; longitud del eje central desde 47 cm a 136 cm, además desde 2,9 ejes/planta a 4,2 ejes por planta con longitud desde 20,3 cm/eje hasta 69,7 cm/eje. La precipitación ocurrida durante el ciclo fue de 292,6 mm, y el suelo utilizado presentó textura franco arenosa con pH de 5,5.

HUMEDAD

Humedad en el suelo

El suelo es un medio constituido por partículas, tanto minerales como orgánicas, de muy diversos tamaños, desde las piedras fácilmente apreciables a simple vista hasta las partículas de arcilla menores de 0,002 mm. Algunas de estas partículas pueden encontrarse separadas, mientras que otras están unidas entre sí formando agrupaciones mayores, más o menos duraderas, denominadas agregados. Estos pueden tener distintas formas y tamaños (microagregados, grumos, terrones) y están formados por la agregación de partículas relativamente gruesas (arenas y limos) unidas por materiales cementantes más finos (arcillas, carbonatos, humus). Entre estas partículas y agregados se encuentra un sistema de poros formado por huecos, también de muy diversas formas y tamaños, interconectados en todas las direcciones. Normalmente los poros más pequeños se encuentran ocupados por agua y los mayores por aire. Esta distribución en el espacio de la materia sólida y de los espacios vacíos es lo que se conoce como estructura del suelo, y es la que permite que el suelo funcione como un soporte poroso que proporciona agua, aire y nutrientes a las raíces de las plantas (Ibáñez, 2006).

El agua procedente de las precipitaciones que comienza a ser absorbida y a moverse hacia el interior del suelo se conoce como *agua de infiltración*. Conforme sigue lloviendo (o continuamos regando) el agua va ocupando todos los poros y se va moviendo hacia abajo por el perfil del suelo. La que se mueve por los poros de mayor tamaño (macroporos de más de 10 micras de diámetro) es arrastrada por la fuerza de la gravedad y es conocida como *agua de gravitación*. Esta agua, si llueve mucho o los riegos son excesivos, atraviesa el perfil del suelo hasta llegar a las capas freáticas profundas. En el caso de que se encuentre con obstáculos, como una capa impermeable en los horizontes inferiores del suelo (generalmente una capa rica en

arcillas u horizontes endurecidos: “cretas”) y si la pendiente es débil o nula, se forma una capa de agua suspendida temporal. Esta capa saturada de agua se mantiene sólo durante los períodos húmedos, agotándose en los secos. Se trata de las conocidas charcas. La mayor parte del agua de gravitación, la denominada de flujo rápido, drena durante las primeras horas a través de las grietas y poros más grandes (mayores de 50 micras de diámetro). Otra parte, la de flujo lento, puede tardar varios días en descender a través de los macroporos de menor tamaño (entre 50 y 10 micras) (Ibáñez, 2006)

Al cabo de unos días, cuando ya ha drenado el agua de gravitación, el suelo presenta una determinada humedad o capacidad de retención de agua. Este agua es la que se queda en los poros más pequeños (microporos menores de 10 micras de diámetro). Se queda retenida por las fuerzas de adsorción que aparecen entre las partículas y las delgadas capas de agua que se encuentran en estos microporos (es la misma fuerza que hace que las gotas de agua que se queden pegadas a los cristales y la que permite que el agua suba por los tubos de pequeño diámetro o capilares). Esta agua retenida, después de que ha drenado el agua gravitacional, la podemos dividir en: agua *capilar* y agua *ligada* o *higroscópica*. El agua capilar es la fracción del agua retenida por el suelo que puede ser absorbida por las raíces de las plantas, mientras que el agua higroscópica forma una capa tan fina alrededor de las partículas del suelo y está tan fuertemente unida a ellas que no puede ser aprovechada por las plantas (Ibáñez, 2006).

El contenido de agua del suelo experimenta variaciones continuas a lo largo del tiempo. Recibe agua de las lluvias o por riego, mientras que la pierde por escorrentía superficial y por drenaje a las capas profundas. A estas pérdidas ya comentadas hay que sumar la evapotranspiración, término en el que se incluyen las pérdidas producidas por la evaporación directa desde la superficie del terreno más el agua evaporada desde la superficie de las plantas (transpiración) (FAO, 2016).

En la naturaleza, estas entradas y salidas de agua producen cambios continuos en la humedad del suelo. Cuando todos los poros se encuentran llenos de agua, como ocurre después de unas lluvias abundantes, nos encontramos en el nivel de saturación, que puede afectar a una capa más o menos profunda de suelo. Pero ya vimos que el agua que ocupa los poros más grandes (macroporos) drena hacia las capas inferiores de una forma más o menos rápida dependiendo de la permeabilidad del suelo (Ibáñez, 2006).

Una vez producida esta infiltración, como mucho en unos pocos días, nos encontramos en un nivel de humedad denominado capacidad de campo (CC), que se corresponde con la máxima cantidad de agua que puede retener el suelo después de haber drenado el agua gravitacional. En este momento los macroporos se encuentran ocupados por aire y los microporos por agua. (El término “capacidad de campo”, tradicionalmente utilizado por los edafólogos, es equivalente al de “capacidad de retención de agua” que utilizamos anteriormente cuando hablamos de los tipos de agua del suelo) (Ibáñez, 2006).

Si no se producen nuevos aportes de agua, el suelo continúa perdiendo humedad por evapotranspiración, de forma más rápida cuanto más elevadas sean las temperaturas. Las plantas van absorbiendo el agua capilar retenida en los microporos y la van perdiendo por evaporación a través de sus hojas. Conforme va descendiendo la humedad en el suelo la absorción de agua se va realizando con más dificultad y las plantas comienzan a sufrir un déficit de agua. En muchos casos se produce un marchitamiento durante las horas más calurosas, recuperándose la turgencia durante la noche. Cuando ya no pueden absorber más agua del suelo se presenta el marchitamiento permanente. A este nivel de humedad del suelo se le conoce como *punto de marchitez permanente* (PMP) y se alcanza cuando el suelo ha perdido toda el agua denominada capilar, que puede ser absorbida por las plantas, y sólo queda el

agua ligada, tan fuertemente adherida a las partículas del suelo que no puede ser absorbida (FAO, 2016).

En consecuencia, se considera que el agua disponible (o agua útil) para las plantas es la que se encuentra entre los niveles de capacidad de campo (agua capilar + agua ligada) y el punto de marchitamiento (agua ligada). Las plantas también pueden absorber el agua entre la saturación y la capacidad de campo (agua gravitacional), la cual se encuentra retenida con muy poca fuerza por el suelo, pero al drenar rápidamente está disponible durante poco tiempo. Cuando existen problemas de permeabilidad en el suelo, y el agua no drena fácilmente, la falta de aire en la zona de las raíces limita el crecimiento de la mayoría de las plantas aunque el agua esté fácilmente disponible. En general el máximo crecimiento se produce cuando la humedad del suelo está cercana a la capacidad de campo. En este caso las plantas se encuentran con oxígeno suficiente y con agua retenida con poca fuerza por el suelo, por lo que el agua es absorbida rápidamente (FAO, 2016).

Estos valores de humedad tan importantes para caracterizar un suelo (la capacidad de campo y el punto de marchitamiento) vienen determinados por unos valores teóricos de tensión (o succión) a la que está sometida el agua dentro del suelo. Si las plantas quieren tomar esta agua deben ejercer una fuerza de absorción mayor que la tensión con la que está retenida. La tensión con la que un suelo retiene el agua cuando se encuentra a capacidad de campo varía normalmente entre 0,1 y 0,3 atmósferas, mientras que el punto de marchitamiento permanente se alcanza cuando la tensión es de unas 15 atmósferas (Ibáñez, 2006).

El punto de marchitamiento se determinó utilizando plantas como el trigo y el maíz y parece ser similar en la mayoría de las plantas cultivadas. No todas las plantas se marchitan cuando se alcanza este nivel de humedad, pues las que están

especialmente adaptadas a la sequía pueden ralentizar mucho las pérdidas por transpiración o utilizar el agua acumulada en tejidos especiales (Ibáñez, 2006).

El agua en la planta

Las relaciones hídricas de las plantas y los cultivos se hallan estrechamente ligadas a las relaciones hídricas de las células que componen las mismas, ya que buena parte del agua se halla dentro de las células y estas constituyen el sitio donde se cumplen casi todos los procesos fisiológicos. Podemos visualizar a la célula como un protoplasto, limitado por una membrana extensible (el plasmalema), alojado en un receptáculo relativamente rígido constituido por la pared celular (UBA, 2017).

Toda discusión acerca del intercambio de agua y solutos entre la célula y el medio requiere de la consideración de una estructura de propiedades únicas: la membrana plasmática o plasmalema. El plasmalema es permeable al agua pero debido a sus características fisicoquímicas el plasmalema limita y controla el movimiento de iones y otras sustancias (incluso el agua) hacia y desde el citoplasma. Allí se produce también la percepción de algunos cambios del medio externo, que generan reacciones en el metabolismo celular, por ejemplo, en la membrana hay receptores de ciertas hormonas que modifican las respuestas de las células. Es apropiado recordar también que las membranas de los organelos cumplen funciones análogas al definir compartimentos subcelulares (FAO, 2016)

El plasmalema se conforma de una bicapa de lípidos enfrentados por sus porciones no polares, formando una matriz en la cual las proteínas se encuentran insertadas total (proteínas intrínsecas) o parcialmente (proteínas extrínsecas). Las proteínas se disponen también con las zonas polares expuestas al agua y las zonas hidrofóbicas en relación con la matriz lipídica. En esta estructura las moléculas de lípidos y de proteínas pueden moverse en el plano de la membrana con cierta

facilidad manteniendo, sin embargo, la estructura básica de la polaridad. Esta disposición de las moléculas constituye la estructura más estable para esta matriz, ya que maximiza las interacciones hidrofílicas e hidrofóbicas (UBA, 2017).

Dada la disposición espacial y las interacciones entre los componentes de la membrana, el pasaje a través de la misma se produce mucho más lentamente que en las fases acuosas que se hallan a ambos lados de la membrana. En términos generales, el pasaje difusional a través de la membrana es mucho más difícil para moléculas polares, y la dificultad aumenta con el tamaño efectivo de la molécula (incluyendo sus casquetes de hidratación, si los hubiera). La mayor facilidad de pasaje de la sustancias no polares puede deberse a la mayor área relativa de la matriz lipídica con respecto a la parte proteica. El pasaje a través de la membrana puede realizarse por difusión siguiendo gradientes de energía libre; o puede efectuarse con un gasto de energía metabólica ligada directamente al pasaje de la sustancia en cuestión. Este último proceso puede realizarse incluso en contra de un gradiente de energía libre. En el primer caso, se dice que el movimiento es pasivo, en el segundo activo. La membrana plasmática es relativamente impermeable a iones e hidratos de carbono, pudiendo estos solutos hallarse dentro de la célula en concentraciones varias veces superiores a la del medio externo (Ibáñez, 2006).

Esta situación resulta de la existencia de mecanismos capaces de transportar activamente estas sustancias hacia el interior de la célula y la relativa impermeabilidad de la membrana a los mismos, que evita su difusión al exterior. El tema del pasaje activo de sustancias se considerará con mayor detalle al analizar el intercambio de nutrientes entre la célula y el medio (FAO, 2016).

No existen evidencias experimentales que sugieran que el pasaje activo de agua a través de las membranas tenga importancia cuantitativa. En la discusión que sigue, se considerará el movimiento de agua como un proceso pasivo por excelencia. Por

otra parte, existen todavía algunas incertidumbres acerca de la naturaleza del mecanismo del movimiento de agua a través de las membranas, especialmente en referencia a la importancia relativa del flujo masal y la difusión. Si bien el pasaje de agua a través de las membranas se realiza siguiendo gradientes de energía libre, la permeabilidad de las mismas cumple un rol importante en dicho movimiento. Anteriormente se creía que el agua difundía a través de la doble capa lipídica y que la permeabilidad de la membrana dependía de los lípidos que la conformaban. Recientemente, esta teoría tuvo que ser modificada con el descubrimiento, tanto en la membrana plasmática como en el tonoplasto de células vegetales, de cierto tipo de proteína intrínseca a la cual se denominó “acuaporina”. Dicha proteína está constituida por seis dominios que atraviesan la membrana y presenta dos lazos con una secuencia específica de aminoácidos que son los que conformarían el poro. Este canal facilita el pasaje del agua en comparación con el movimiento a través de la bicapa lipídica. Los canales proteicos de agua o “acuaporinas” llegan a conformar hasta un 10% del total proteico de la membrana y son atravesados por las moléculas de agua en forma alineada en una fila simple, a altas velocidades (10^6 a 10^7 moléculas sec^{-1} canal $^{-1}$) (UBA, 2017).

La permeabilidad de la membrana estaría entonces regulada por dos mecanismos: la abundancia de canales proteicos y el grado de apertura de los mismos. La cantidad de acuaporinas presentes en las membranas estaría positivamente correlacionada con la permeabilidad de las mismas. Si bien se ha demostrado que para distintos tipos de tejidos y de células existen diferencias muy importantes en la expresión de los genes que codifican las acuaporinas, aún queda por esclarecer si las diferencias en la transcripción se correlaciona con la abundancia de las proteínas en las membranas. El grado de apertura parece estar regulado por el estado de fosforilación de las acuaporinas, es decir que la célula puede regular la permeabilidad al agua mediante el agregado o remoción de grupos fosfato a aminoácidos específicos de los canales proteicos. Esta regulación afecta la tasa de

pasaje de agua pero no la dirección del movimiento. En algunas especies se ha encontrado que bajo estrés hídrico las acuaporinas están poco fosforiladas, sugiriendo que ante una disminución de la turgencia en las células se podría producir un cierre de las acuaporinas favoreciendo a su vez la conservación del agua (Ibáñez, 2006).

El uso de plantas transgénicas, con niveles alterados de acuaporinas, dan evidencias de la importancia que tendrían los canales de agua tanto a nivel celular como a nivel planta entera. En plantas transgénicas que no poseían la capacidad de sintetizar este tipo de proteínas, bajo condiciones que favorecen la salida de agua, la desecación de protoplastos transcurrió mucho más lentamente que en las plantas normales. Asimismo, la producción de raíces de las plantas transgénicas fue cinco veces mayor que la de las plantas normales, sugiriendo esto que existiría algún nexo entre la disponibilidad de agua y la formación de raíces. Este mecanismo podría permitir una mayor exploración de suelos con baja disponibilidad de agua (UBA, 2017).

Movimiento radial del agua en la raíz

En la zona de absorción más rápida, una parte del agua que se halla en contacto con la cara externa de las células epidérmicas (pelos radicales y otras células de la epidermis) puede ser arrastrada por flujo masal hacia el interior de la corteza. Hasta llegar al cilindro central, este movimiento masal sigue la red tridimensional de paredes celulares (los grandes espacios intercelulares de la corteza por lo general están libres de agua). Una parte del flujo total puede producirse por difusión por las paredes, o pasando a los protoplastos de las células corticales y de ahí hacia el cilindro central por los plasmodesmos que unen estas células. El conjunto de paredes y espacios intercelulares se denomina apoplasto, y la red interconectada de protoplastos, el simplasma. La proporción de agua absorbida que sigue las vías

apoplástica y simplástica depende de las resistencias que ofrecen ambos caminos (UBA, 2017).

La estructura particular de la endodermis confiere a la misma una elevada resistencia al pasaje de agua. La presencia de las bandas de Caspari, banda suberizada en las paredes radiales y transversales de las células endodérmicas, y la fuerte adhesión de los protoplastos a estas zonas suberizadas, bloquea el pasaje de agua por las paredes celulares. En consecuencia el pasaje del agua en este sitio ocurre forzosamente a través de las membranas y los citoplasmas de las células endodérmicas (FAO, 2016).

La continuidad de la endodermis se halla interrumpida por las ramificaciones laterales de la raíz; en estos puntos el agua puede circular por las paredes celulares. No está claro que proporción del agua absorbida atraviesa las membranas endodérmicas y que fracción circula por las paredes. Las condiciones ambientales (temperatura y aireación en particular) pueden afectar marcadamente la resistencia que ofrece la raíz al pasaje de agua y por otra parte, la resistencia de raíces recién muertas al movimiento del agua es muy baja. Además, pueden generarse dentro del xilema de la raíz presiones hidrostáticas positivas de cierta magnitud, sin que el agua salga masivamente al medio externo. Estas evidencias, entre otras, sugieren que la mayor parte del agua que llega a los vasos debe hacerlo pasando por los protoplastos de la endodermis (UBA, 2017).

El pasaje de agua a través de la endodermis se realiza siguiendo un gradiente de potencial agua generado entre ambas caras de esta barrera. En plantas que se hallan transpirando activamente, la concentración de solutos en los vasos es muy baja, y el Ψ_a depende fundamentalmente de la tensión a la que se hallan sujetos los hilos de agua en el xilema. Esto constituye la situación más frecuente, pero en ciertas condiciones en las que la transpiración es baja, los solutos segregados por las células

que rodean a los vasos se acumulan en éstos y determinan un descenso del Ψ_o , el cual se convierte en un componente importante del Ψ_a en el xilema de la raíz. La entrada de agua debida a este descenso del Ψ_a genera una presión hidrostática positiva dentro de la raíz. Esta presión radical puede alcanzar valores de 0.1 MPa o más, y es la responsable del fenómeno de gutación, la exudación de gotas de líquido que se puede observar en las puntas y los márgenes de las hojas bajo condiciones de baja o nula radiación (UBA, 2017).

Potencial hídrico

Al considerar las relaciones hídricas de una célula, es de primordial importancia conocer la dirección en que se puede esperar que se mueva el agua: de la célula al medio o a la inversa. Para poder predecir la dirección de movimiento del agua en un sistema de compartimientos separados por membranas semipermeables (permeables al solvente pero no al soluto), es imprescindible conocer la energía libre del agua en los distintos puntos del sistema; ya que en estos sistemas el agua (y otras sustancias) se mueven siguiendo gradientes de energía libre o potencial químico (Ibáñez, 2006).

El agua que forma parte de cualquier sistema puede hallarse sometida a diversas condiciones de temperatura, presión, interacción con otras sustancias, efecto del campo gravitatorio, etc. Estas condiciones modifican su estado energético, es decir su capacidad de realizar trabajo. Existe un parámetro que expresa esa capacidad: el potencial hídrico (Ψ): el potencial hídrico se define en relación a un nivel de energía arbitrario. A nivel del plano de referencia, la energía potencial del sólido es 0, y va en aumento a medida que se incrementa la distancia a ese plano). En el caso del potencial hídrico, el estado de referencia es el agua pura, a una presión de 1 atmósfera, y a una elevación y temperatura (generalmente a 25°C) que pueden especificarse. Formalmente, se define el potencial hídrico como el trabajo requerido para transferir una cantidad infinitesimal (masa o volumen) de agua del estado de

referencia ($\Psi_a = 0$) a la situación donde el potencial tiene el valor definido. Esta transferencia debe realizarse en forma reversible e isotérmica. El potencial hídrico puede expresarse en unidades de energía por unidades de masa o volumen, siendo la unidad de uso más corriente el mega Pascal ($\text{MPa} = 10 \text{ bares}$), aunque también se ha utilizado atmósferas, bares ($1 \text{ bar} = 0.987 \text{ atm}$) y Jkg^{-1} ($1 \text{ bar} = 100 \text{ Jkg}^{-1}$) en el pasado reciente (UBA, 2017).

Es muy importante notar que el potencial hídrico es una propiedad intensivo, resultando por lo tanto independiente de las masas o los volúmenes de agua considerados. Así, el agua tenderá a moverse de 10 ml de solución de $\Psi_a = -0.2 \text{ MPa}$ a 10 litros de solución cuyo Ψ_a es de -1.2 MPa , a pesar que el volumen y el contenido energético total de la segunda masa es mayor (la analogía con la temperatura como parámetro que define el intercambio de calor independientemente del contenido calórico de dos masas resulta evidente) (FAO, 2016).

Movimiento del agua en el sistema vascular

El agua circula desde las raíces hasta las hojas por aquellos elementos de xilema que ofrecen menor resistencia al flujo: los vasos y las traqueidas. Estos elementos de conducción recorren prácticamente toda la planta, desde la zona cercana a los ápices radicales hasta las terminaciones vasculares en el mesófilo, donde se encuentran millares de terminaciones por centímetro cuadrado de hoja. Estas terminaciones consisten en filas simples de elementos conductores rodeados de una capa (generalmente de sólo una célula de espesor) de tejido compacto: vaina parenquimática. Esta aísla los elementos vasculares del contacto directo con la atmósfera del mesófilo. Las terminaciones son tan numerosas que son pocas las células del mesófilo que se hallan separadas de una terminación por más de dos células. La mayor parte de la corriente transpiratoria circula por los lúmenes de los

vasos y las traqueidas, siendo pequeña la proporción que lo hace por las paredes de éstas y otras células (UPV, 2003).

El agua en el xilema de una planta que se halla transpirando activamente se mueve por flujo masal, siguiendo gradientes de presión hidrostática. Estos se generan cuando la hoja pierde agua por transpiración. La hoja que transpira pierde primero el agua ubicada en los capilares de mayor diámetro de la matriz porosa que constituye la pared celular de las células del mesófilo. La interface agua-pared-aire se ubica entonces en los capilares de menor diámetro generándose un potencial mátrico más negativo, el cual se transmite por cohesión entre las moléculas de agua al xilema de la hoja manifestándose en éste como una tensión (potencial de presión negativo), que se transmite hasta el xilema de la raíz. Esta tensión es capaz de hacer ascender los hilos de agua hasta la copa de los árboles de mayor altura, venciendo el peso de las columnas de agua y las resistencias opuestas a su movimiento (UBA, 2017).

Lo dicho implica que el agua es capaz de ascender hasta las últimas hojas de árboles de 30-40 metros (y el triple de esa altura en los árboles más altos que se conocen) sin gasto de energía metabólica por parte de la planta. Ha habido mucha discusión acerca de la tensión máxima que puede ejercerse sobre una columna de agua sin que la misma se fracture. Mediciones realizadas en capilares de vidrio indican que agua saturada de aire es capaz de resistir tensiones de 2,0 MPa (lo suficiente para soportar una columna de 200 m de alto), y que el agua pura resiste hasta 30 MPa de tensión. Hay también evidencias experimentales que indican que el agua en los vasos de un árbol que transpira activamente puede hallarse bajo tensiones de hasta 10 MPa. Estas observaciones apoyan la teoría coheso-tenso-transpiratoria de ascenso de agua por xilema, que postula que la pérdida de agua por transpiración genera tensiones suficientemente grandes como para producir el movimiento de agua de la raíz a las hojas, y que la cohesión entre moléculas de agua es más que suficiente

para mantener la continuidad de los hilos de agua que circulan en este trayecto (INTA, 2016).

Bajo condiciones que permitan la manifestación de presión radical, el agua en el xilema puede hallarse bajo presión hidrostática positiva, y se mueve siguiendo gradientes de presión positiva. Esta situación es muy poco frecuente durante el día en condiciones de campo (UPV, 2003).

La transpiración puede definirse como la pérdida de agua en forma de vapor por las plantas. Se trata básicamente de un proceso de evaporación. Sin embargo difiere de la evaporación desde una superficie libre de agua porque la transpiración es modificada por la estructura de la planta y el funcionamiento de los estomas, los que operan conjuntamente con los principios físicos que gobiernan la evaporación (UBA, 2017).

Efectos del estrés por déficit hídrico en plantas

Como consecuencia de la reducción del contenido hídrico de la planta ésta experimenta cambios en su fisiología. El estrés hídrico afecta a la mayor parte de sus funciones vitales, de forma que no hay, prácticamente, ningún proceso fisiológico que no esté afectado por el déficit hídrico (RODAS5, 2017).

Una gran variedad de procesos fisiológicos se ven afectados por el déficit hídrico. En primer lugar un grupo de efectos que se ven afectados inmediatamente, cuando el déficit hídrico todavía no es severo. Estos efectos inmediatos son la pérdida de turgencia celular, reducción de la tasa de expansión celular, disminución de la síntesis de pared celular, reducción de síntesis de proteínas. Conforme el contenido hídrico va disminuyendo se ve el efecto sobre otros mecanismos, por ejemplo, aumento en los niveles de ácido abscísico o el cierre estomacal. Cuando el déficit

hídrico es muy pronunciado se produce cavitación de los elementos del xilema, caída de la hoja, acumulación de solutos orgánicos y la marchitez de la planta, entre otros efectos (INTA, 2016).

Disminución del crecimiento: procesos biofísicos

La reducción del crecimiento de la parte aérea de las plantas es un efecto ampliamente descrito del estrés por déficit hídrico. Estos efectos aparecen mucho antes que los promovidos a través de mecanismos bioquímicos, fisiológicos y genéticos. La disminución del crecimiento no se debe a una reducción del metabolismo, sino a una pérdida de turgencia (proceso físico). A medida que va disminuyendo el contenido hídrico de la planta lo hace también el de las propias células, de modo que disminuye el volumen celular y la turgencia de la célula, al igual que incrementa la cantidad de solutos y los daños mecánicos sobre la célula. El estrés hídrico inhibe directamente algún mecanismo de crecimiento celular. No es la reducción de fotoasimilados la causa de la reducción del crecimiento de los tejidos en condiciones de sequía, ya que el umbral de estrés que induce una reducción del crecimiento suele ser anterior al umbral que induce reducciones de la conductancia estomática y la fotosíntesis. La reducción del crecimiento implica la disminución del tamaño y número de hojas, al igual que una reducción en el número de ramas (UPV, 2003).

Para explicar el proceso de pérdida de turgencia hay que tener en cuenta que el agua se mueve hacia el lugar donde tenga menor potencial hídrico (valores más negativos), por eso las plantas no tienen bombas para mover el agua (INTA, 2016).

En condiciones normales el agua entra en la célula porque el potencial hídrico interior es más negativo que el exterior. La célula se hincha y la membrana plasmática ejerce una presión de turgencia frente a la pared celular. En situación de

déficit hídrico el potencial hídrico del exterior es menor que el del interior, por tanto el agua tiende a salir. En estas circunstancias la presión de turgencia desaparece y la membrana plasmática se despegue de la pared celular en algunos tramos. La consecuencia de la pérdida de turgencia es la ausencia de crecimiento celular. La disminución del crecimiento se debe principalmente a la pérdida de turgencia anteriormente mencionada, pero también hay otros factores fisiológicos que afectan negativamente al crecimiento (UPV, 2003).

Modelo de Lockhar-Passioura:

$$C = m (\Psi_p - \gamma)$$

Donde:

C: tasa de crecimiento

m: extensibilidad pared celular (la respuesta de la pared a la presión)

Ψ_p : tensión umbral pared celular (turgencia)

γ : umbral de turgencia (la presión límite a la cual la pared celular resiste una deformación plástica no reversible)

Por tanto, para que tenga lugar el crecimiento, la tensión umbral de la pared celular tiene que ser menor que la presión de turgencia (Ψ_p). Otro de los parámetros a considerar es la extensibilidad de la pared celular. De modo que, en condiciones de déficit hídrico, el pH de la pared celular es más básico y por tanto es más difícil de deformar, y con ello es menos extensible (no se aprecia crecimiento). En condiciones de déficit hídrico también se hace mayor la tensión umbral de la pared celular (RODAS5, 2017).

Tanto el comportamiento físico como el metabólico contribuyen a disminuir el crecimiento de la planta en condiciones de déficit hídrico. Existe una relación entre la

expansión de la hoja y la presión de turgencia. Un grupo de plantas se sometieron a estrés hídrico durante su crecimiento, mientras que otro grupo de plantas nunca fueron expuestas a estrés hídrico. Se midió periódicamente la tasa de crecimiento de las hojas (GR) y la turgencia (ψ_p). Se puede observar que, a igual Ψ_p , se observa un menor crecimiento en las plantas estresadas frente a las plantas no expuestas a estrés hídrico. El descenso del valor de la extensibilidad (m) y el aumento del valor umbral de turgencia para el crecimiento (γ), limita la capacidad de la hoja para crecer tras haberse sometido a estrés. De modo que el estrés hídrico no sólo reduce la turgencia, sino que también disminuye m y aumenta γ (UPV, 2003).

También se pueden observar efectos físicos sobre las capas de hidratación molecular. Al reducirse el contenido hídrico, disminuye las capas de hidratación que rodean las proteínas, ya que en estas condiciones incrementa la concentración de iones que tienen acceso a las proteínas desprovistas de esta capa de hidratación. Si no existe dicha capa protectora se produce la desnaturalización de proteínas (UPV, 2003).

Estimulación de la senescencia y la caída de la hoja

En plantas de algodón (*Gossypium hirsutum*), sometidas a distintos niveles de estrés hídrico se observa que sus hojas sufren senescencia o bien se desprenden. A la planta de la izquierda se le suministró agua durante el experimento. La planta del medio fue sometida a un estrés moderado y la de la derecha a un estrés severo. Se puede observar cómo, a mayor estrés, mayor abscisión foliar, de modo que la planta de la derecha sólo conserva las hojas del extremo del tallo. La abscisión durante el estrés hídrico es resultado de cambios en la síntesis de la hormona etileno (RODAS5, 2017).

La abscisión ocurre en unas capas de células específicas, denominadas capas de abscisión. El debilitamiento de estas capas depende de las enzimas capaces de degradarlas, como la celulosa y la poligalacturonasa. El etileno parece ser el principal regulador de este proceso de defoliación, actuando las auxinas como supresoras de los efectos del etileno. Sin embargo, al mantenerse en niveles supra óptimos actúan como activadoras del etileno. Se pueden usar análogos de la auxina para provocar la defoliación. En condiciones de déficit hídrico se observa una disminución en la síntesis de auxinas, acompañado de un aumento de etileno (RODAS5, 2017).

Un modelo que explica el proceso de abscisión foliar lo distingue en tres fases:

- Fase de mantenimiento de la hoja: La hoja en estado normal presenta un gradiente de auxinas desde el limbo hasta el tallo, manteniendo insensible la zona de abscisión.
- Fase de inducción de la separación: La zona de abscisión se muestra sensible, debido a una reducción o inversión del gradiente de auxinas desde la hoja, relacionada con la senescencia de la hoja.
- Fase de separación de la hoja: Las células de la zona de abscisión responden a bajas concentraciones de etileno endógeno sintetizando enzimas que degradan la pared celular, provocando la caída de la hoja

Sobre la apertura/cierre de estomas

El déficit hídrico estimula el cierre estomático para reducir la evaporación desde el área foliar. Los estomas son grupos de dos o más células epidérmicas especializadas cuya función es regular el intercambio gaseoso y la transpiración. Constan de dos grandes células denominadas guarda y oclusivas, rodeadas de células acompañantes (UPV, 2003).

El potencial hídrico de las hojas, y en particular la componente de turgencia celular, juega un papel muy importante en la apertura y cierre de los estomas. Disminuciones en la presión de turgencia en las células guarda (ocasionado por el déficit hídrico) inducen el cierre parcial o total de los estomas. Sin embargo, cuando las células guarda reciben suficiente cantidad de agua se hinchán y producen la apertura del estoma. Actualmente se sabe que el ácido abscísico (ABA) es la hormona responsable de este proceso. Cuanto más cerrado esté estoma, mayor grado de resistencia presentará (RODAS5, 2017).

En el cierre estomático por déficit hídrico se pueden distinguir dos fases:

- **Etapa inicial:** Se trata del cierre hidropasivo de los estomas. En el cierre estomático no interviene ningún proceso fisiológico, sino que se debe a un proceso físico. El aire muy seco provoca pérdidas muy rápidas de agua de la epidermis, lo que hace que disminuya el contenido hídrico relativo de la hoja y de las células oclusivas, provocando así el cierre estomático.
- **Etapa avanzada:** Se trata del cierre hidroactivo de los estomas, estando la planta sometida a un mayor grado de deshidratación. Este mecanismo implica procesos fisiológicos y metabólicos:
 - a) Proceso fisiológico: La disminución en la concentración de solutos en las células oclusivas implica un aumento en el potencial hídrico del interior celular. Por tanto, sale agua al exterior y se produce el cierre estomático.
 - b) Implicación del ABA: Se produce una redistribución diferencial del ABA en la célula del mesófilo. La síntesis de ABA en las raíces aumenta en respuesta al desabastecimiento hídrico en el suelo, desde donde es transportado hasta las células del mesófilo a través del xilema, induciendo el cierre estomático. El ABA lo podemos encontrar en dos formas distintas, dependiendo del pH celular: A pH menor de 7 el ABA se encuentra protonado (ABA-H), pudiendo atravesar las membranas. Sin embargo, a pH mayor de 7 el ABA

se encuentra disociada del protón ($\text{ABA}^- + \text{H}^+$) y encuentra una mayor dificultad en atravesar la membrana. La forma disociada (anión) del ABA se acumula en los compartimentos alcalinos y puede ser redistribuido según lo pronunciado que sea los gradientes de pH entre las membranas. A medida que el estrés hídrico aumenta, las raíces que están en contacto directo con el suelo sintetizan ABA y lo envían a la parte aérea vía xilema. En condiciones normales, el pH del apoplasto es aproximadamente 6,3 y por tanto todo el ABA^- que llega desde la raíz por medio del xilema puede atravesar las membranas de las células del mesófilo, distribuyéndose uniformemente sin llegar a las células guarda. La luz estimula la introducción de protones a los grana, haciendo el estroma más alcalino. Por lo tanto, el apoplasto se alcaliniza debido al estrés, favoreciendo la forma disociada del ABA (ABA^-), que no atraviesa fácilmente la membrana. Por tanto, entra menos en las células del mesófilo y llega más a las células guarda a través de las corrientes de transpiración. Las células guarda presentan unos receptores que detectan el ABA y comienzan una cascada de señalización que culmina con el cierre estomático. El ABA es redistribuido en la hoja sin aumento del nivel total de ABA. El cierre estomático implica un impedimento en la entrada de CO_2 , al igual que evita la pérdida de agua por transpiración. Por lo tanto, para determinadas plantas y determinado grado de estrés, el cierre estomático se puede considerar como un mecanismo de supervivencia (RODAS5, 2017).

Si el estrés hídrico persiste (UPV, 2003).

- Se pierde la regulación de la apertura y cierre de los estomas.
- Los estomas quedan abiertos continuamente.
- Se favorece pérdidas excesivas de agua.
- Muerte de la planta.

Sobre la fotosíntesis

La deficiencia hídrica limita la fotosíntesis en el cloroplasto. La fotosíntesis es menos sensible que otros procesos al estrés hídrico, de modo que raramente la tasa fotosintética de la hoja se ve afectada frente a un estrés hídrico suave como lo hace la expansión foliar (UPV, 2003).

Varios son los efectos del estrés hídrico sobre la fotosíntesis y la expansión foliar. Se observa la mayor sensibilidad del crecimiento de la hoja al estrés hídrico y la menor sensibilidad que ofrece la tasa fotosintética. Sin embargo, el estrés hídrico afecta tanto a la fotosíntesis como a la conductancia estomática. Al cerrarse los estomas ante el estrés, puede aumentar el uso eficiente del agua. En cambio, si el estrés es severo, la deshidratación de las células del mesófilo inhibe la fotosíntesis y normalmente disminuye el uso eficiente del agua. Resultados de muchos estudios indican que el efecto sobre la conductancia estomacal es más fuerte que sobre la fotosíntesis (RODAS5, 2017).

En la disminución de la tasa fotosintética hay que distinguir entre los procesos derivados del cierre estomático y la implicación de procesos bioquímicos. En cuanto a los primeros distinguir:

- a) Disminución de la concentración interna de CO_2 (C_i) debido al cierre estomático
- b) Disminución de C_i debido a cambios en la resistencia del mesófilo (r_m).

En cuanto a los mediados por procesos bioquímicos:

1. Disminución en la captación de luz:

- a) Cambios morfológicos: cambios en la orientación: activa o pasiva (debido al marchitamiento).
 - b) Cambios fisiológicos: destrucción de fotosistemas y/o del complejo antena.
2. Reducción en la tasa de transporte de electrones y síntesis de NADPH:
- a) En el caso de estrés moderado se produce un aumento de la disipación de energía en forma de calor por el ciclo de las xantofilas. Por lo tanto esta energía no es útil para la fotosíntesis.
 - b) En el caso de estrés severo se puede producir fotoinhibición.
3. Reducción síntesis de ATP.
4. Reducción de procesos metabólicos importantes:
- a) Sacarosa Fosfato Sintasa (SPS): Lleva a cabo la síntesis de sacarosa.
 - b) Nitrato Reductasa (NR): Responsable de la fijación de nitrógeno por la planta
 - c) Disminución de la actividad carboxilasa de la RubisCO y aumento de su capacidad oxigenasa. A mayor temperatura menor relación CO_2/O_2 , ya que se limita la entrada del CO_2 , pero el O_2 sigue estando a elevadas concentraciones debido a su elevada concentración en la atmósfera.

Existen diferencias significativas en el comportamiento foliar en distintos tipos de mesófitas C_3 :

- a) **Tipo 1:** En condiciones normales, la fotosíntesis va disminuyendo conforme el contenido hídrico va siendo menor. Pero cuando la concentración de CO_2 es muy elevada, la fotosíntesis es máxima hasta un contenido hídrico de 75 %, de modo que en este periodo la fotosíntesis se ve afectada por el cierre estomático

y no por procesos metabólicos. A partir de 75 %, la fotosíntesis se ve afectada por otros procesos además del cierre estomático.

- b) **Tipo 2:** La disminución de la fotosíntesis no es una consecuencia exclusiva del cierre estomático, sino que también se debe a otros procesos, como los metabólicos, desde el principio del déficit hídrico.

Sobre la raíz

Como se mencionó anteriormente, la expansión foliar se ve rápidamente afectada frente al estrés hídrico, mientras que la fotosíntesis se ve mucho menos afectada. La inhibición del crecimiento foliar reduce el consumo de carbono y energía y muchos de los productos asimilados por las plantas pueden redistribuirse por el sistema radicular (UPV, 2003).

A medida que el déficit hídrico aumenta, las capas superiores son las primeras en secarse. Por tanto, es común ver sistemas radiculares poco profundos cuando el suelo está húmedo. A medida que disminuye el agua en las capas superiores, vemos una pérdida en las raíces poco profundas y un aumento en las raíces profundas. La disminución del flujo de agua a la planta se debe a la disminución del crecimiento (Ψ_p) y a la reducción de agua en el suelo. Además se produce una disminución en el crecimiento de la raíz como efecto negativo del déficit hídrico. Los motivos por los cuales el ABA actúa de manera diferente en la raíz y en la parte aérea, promoviendo el crecimiento en un caso e inhibiéndolo en otro, no se han elucidado aún (RODAS5, 2017).

Hay tres procesos implicados en la disminución del flujo de agua a la planta:

- a) Separación de zonas de absorción radicular: las dos formas que tiene el agua para entrar en las raíces y transportarse por la planta son:

- b) Vía apoplástica: el agua se transporta por medio del apoplasto (conjunto de paredes celulares, con conexiones).
- c) Vía simpático: el agua se transporta a través de los citoplasmas, conectados por plasmodesmos. La endodermis es una interrupción de esta vía, ya que posee sustancias hidrofóbica que dificultan el paso de agua.

Cuanto más pelos absorbentes estén en contacto con burbujas de aire sin agua, menor será la absorción de agua. Acumulación de suberina en la hipodermis: Cavitación: interrupción del continuo hídrico entre el suelo, la planta y la atmósfera: La cavitación o embolismo es la formación de burbujas de aire que interrumpen el continuo hídrico y, por tanto, el flujo de agua. A medida que aumenta el déficit hídrico, la burbuja va aumentando. Diferentes especies poseen una resistencia variada a la formación de embolismos. Mientras unas son muy sensibles (populus) otra son extraordinariamente resistentes (Ceanotus). Es posible que estos embolismos se recuperen durante la noche, en ausencia de transpiración y con aporte hídrico radicular. Además, se produce el llamado crecimiento nocturno promovido por el relleno e hinchazón de los tejidos aéreo (UPV, 2003).

CALCIO

Calcio en la planta

Las raíces de las plantas toman el calcio desde la solución del suelo en forma iónica Ca^{2+} (Larcher, 2003; Mengel y Kirkby, 2000, Soil Improvement Committee California Plant Health Association, 2004; Marschner, 1986). El Ca es el nutriente de carácter básico más abundante en las plantas después del potasio (Navarro y Navarro, 2003). De acuerdo con la revisión hecha por Larcher (2003), la concentración de Calcio en la masa seca de las especies cultivadas varía entre 0,04 y 1,3%.

El calcio es un nutriente de naturaleza estructural, pues hace parte del componente de las paredes y membranas celulares, razón por la cual es indispensable su presencia para la formación de nuevas células. Se cree que este elemento contrarresta los efectos tóxicos del ácido oxálico al formar oxalato de calcio en las vacuolas (Soil Improvement Committee California Plant Health Association, 2004). Larcher (2003) menciona las siguientes funciones de Ca en la planta: regulación de la hidratación (antagonistas K y Mg); activador de enzimas (Amilasa, ATPasa); regulación de la elongación y crecimiento. Marschner (1986) resalta el hecho que a diferencia de los otros macronutrientes, una alta proporción de calcio total en el tejido de las plantas se localiza en las paredes celulares (apoplasto), razón por la cual su presencia es vital en la estabilización de estas y de las membranas; además de otras funciones como la modulación de las enzimas, la osmoregulación y el balance de catión-anión.

En los tejidos vegetales el calcio puede encontrarse en forma libre (Ca^{+2}) o adsorbido a iones no difusibles como grupos carboxílicos, fosfóricos e hidroxifenólicos; así mismo puede ocurrir en forma de oxalatos, carbonatos y fosfatos de Ca; compuestos que se encuentran con frecuencia en las vacuolas (Mengel y Kirkby, 2000).

El Calcio se caracteriza por una muy baja habilidad de transporte dentro de la planta, pues una vez que se deposita en los tejidos vegetales será muy difícil removerlo. Es por ello que son los tejidos jóvenes los primeros en ser afectados cuando existen deficiencias de este nutriente (Navarro y Navarro, 2003; Soil Improvement Committee California Plant Health Association, 2004).

Mengel y Kirkby (1987) citan los trabajos de Clarkson y colaboradores para indicar que la absorción de Ca^{+2} , en contraposición a otros nutrientes como el K^{+} y fósforo ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$, HPO_4^{-2}) está restringida a la zona colindante con el ápice de la raíz,

diferencia en el comportamiento que ha sido explicada por el desarrollo de la banda de Caspary; pues el envejecimiento de este órgano conlleva a una suberización de la endodermis, la cual impide el movimiento radical del calcio. En este sentido, la translocación de Ca^{+2} desde la corteza al tallo se limita a la ruta apoplástica o del espacio libre, vía que solamente es accesible en las raíces jóvenes no suberizadas. Lo anterior, además de indicar que la absorción de Ca^{+2} se da de manera pasiva, apoya el hecho que su ascenso en la savia del xilema ocurre con la corriente transpiratoria; fenómeno que tiene lugar básicamente durante el día, y es por ello que la absorción de Ca^{+2} se detiene en la noche.

La carencia de Ca^{+2} reduce la tasa de crecimiento en las plantas, especialmente en los tejidos meristemáticos, tanto de raíces como parte aérea, dado que el calcio es requerido para la elongación y la división celular. Los síntomas de su deficiencia comienzan a manifestarse en las hojas jóvenes, las cuales se deforman y se vuelven cloróticas (Mengel y Kirkby, 2000). Soil Improvement Committee California Plant Health Association (2004), además de los anteriores cita los siguientes síntomas: coloración verde anormal en el follaje, caída prematura de flores y frutos, tallos debilitados, “quemadura apical” de las hojas jóvenes (en especies como el apio y lechuga), y zonas acuosas y sin color en frutos (común en el tomate, pimentón, melón, manzanas y peras).

Entre los factores del suelo que en mayor grado determinan la disponibilidad de Ca^{+2} se encuentran: Ca total suplementado, pH, CIC, porcentaje de saturación de Ca^{+2} en respecto con CIC, tipo de coloide del suelo y la relación de Ca^{+2} frente a otros cationes en la solución. En los suelos ácidos el Ca^{+2} no es rápidamente disponible para las plantas a bajas saturaciones, pues conforme decrece el porcentaje de Ca^{+2} en proporción a la CIC total, también decrece la cantidad de Ca^{+2} absorbido por las plantas. El argumento propuesto también se aplica al tipo de mineral, pues los suelos con predominancia de arcillas tipo 2:1 requieren una mayor saturación de Ca^{+2} que

aquellos con arcillas tipo 1:1. Específicamente la montmorillonita requiere un porcentaje de saturación mayor del 70% de Ca^{+2} para un adecuado suministro, mientras que la Caolinita presenta suficiente disponibilidad a 40–50% de saturación de Ca^{+2} . La nutrición normal de Ca^{+2} puede verse disturbado cuando el Mg^{+2} excede al Ca^{+2} (Havlin *et al.*, 1999).

El calcio en el suelo

El calcio (Ca) es el quinto elemento más abundante en la corteza terrestre, con una concentración promedia que llega a representar cerca de 3,6 % (Barber, 1995). Este procede principalmente de las rocas y los minerales que conforman el suelo; por lo tanto, su contenido puede variar ampliamente dependiendo del material de origen; en suelos considerados no alcalinos solo representa entre 0,1 y 0,2%, mientras que en los alcalinos alcanza el 25% (Havlin *et al.*, 1999).

Barber (1995) sostiene que el contenido de Ca^{+2} depende del material parental, el grado de meteorización y la aplicación de enmiendas. Este autor reporta los siguientes valores para tres órdenes contrastantes del suelo en este nutriente: Aridisoles 5%, Alfisoles 1% y Oxisoles 0,6%.

Refiriéndose a las rocas fuentes de Ca^{+2} , la anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_3$) es el feldespato más importante, aunque los piroxenos y anfíboles son también comunes en los suelos. Cantidades pequeñas de Ca^{+2} pueden provenir de biotita, apatita y de ciertos borosilicatos (Havlin *et al.*, 1999).

En cuanto a los compuestos minerales, los carbonatos son de mayor representatividad; entre estos se encuentran: calcita (CaCO_3) y dolomita ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$). En un segundo lugar se puede mencionar a los fosfatos: fluorapatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, hidroxiapatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$, y carbonatoapatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{CO}_3$).

Adicionalmente, se puede referir a sulfato de calcio (CaSO_4) y silicatos alumínicos diversos: feldespatos y anfíboles. Finalmente, el Ca^{+2} se encuentra haciendo parte de la materia orgánica o en combinación con los ácidos húmicos y fosfóricos en los humatos y fosfolípidos cálcicos (Navarro y Navarro, 2003).

Las concentraciones de Ca^{+2} en el suelo normalmente superan a las requeridas para un crecimiento apropiado de las plantas; pese a ello ejercen poco efecto sobre la toma de Ca^{+2} , puesto que la absorción de Ca^{+2} es genéticamente controlada. En este sentido la concentración de Ca^{+2} en la solución del suelo es cerca de 10 veces mayor a la del K^+ ; pese a ello su toma es menor que este nutriente (Havlin *et al.*, 1999).

Por regla general los suelos de textura gruesa y aquellos que se ubican en regiones húmedas, formados a partir de rocas pobres en minerales de calcio tienen bajos niveles de Ca^{+2} . En contraposición a lo anterior, los suelos de textura fina, formados a partir de rocas que son ricas en este elemento, contienen mucho mayores contenidos de calcio total y Ca^{+2} intercambiable (Havlin *et al.*, 1999).

Los suelos antiguos, altamente meteorizados y lavados bajo condiciones húmedas, generalmente tienen bajos niveles de Ca^{+2} . En ambientes áridos los altos contenidos de Ca en las capas más superficiales pueden presentarse en forma de acumulaciones de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Mengel y Kirkby, 2000).

El gas carbónico disuelto en el agua de percolación puede formar iones H^+ que llegan a desplazar tanto al Ca^{+2} como a otros cationes del complejo de cambio. En el caso que la percolación sea alta a través del perfil, los suelos gradualmente se acidifican (Havlin *et al.*, 1999).

Efecto de las aplicaciones de calcio sobre su contenido en el suelo

En ocasiones la aplicación de las diferentes relaciones de Ca:Mg en forma de cales (carbonatos) no logran variaciones proporcionales de estos elementos en el suelo de acuerdo con las cantidades aplicadas; comportamiento que se ha relacionado con las diferencias en la solubilidad de las fuentes empleadas (Oliveira, 1993; Böll y Nakagawa, 1995; Oliveira y Parra, 2003), y la selectividad del ión (Böll y Nakagawa, 1995).

Defelipo y Braga (1983) se basaron en la influencia del encalado sobre el incremento de la CIC para evaluar la adsorción de K^+ en diez suelos procedentes del Estado de Minas Gerais (Brasil), clasificados como Latosoles. Para corregir la acidez se utilizó una mezcla de $CaCO_3$ y $MgCO_3$ en relación 4:1, y como fuentes de K^+ se emplearon cloruro, fosfato y sulfato. Con el encalamiento se incrementó la adsorción de K^+ , independiente de la fuente utilizada. Cuando no se encaló fue mayor la adsorción de K^+ con fosfato y sulfato que cloruro, sin que hubiera diferencias entre las primeras dos fuentes. El aumento de la adsorción de K^+ debido al encalamiento se relacionó con dos hechos, el primero la mayor facilidad de K^+ para sustituir Ca^{+2} que Al^{+3} en el complejo de cambio; el segundo estaría relacionado con el aumento de las cargas negativas por la elevación del pH. Los suelos presentaron gran variación en la adsorción de K^+ , tendencia que no se correlacionó con la CIC ni con el contenido de la materia orgánica del suelo.

Németh *et al.* (1970) evaluaron la relación entre los contenidos de Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^+ en el “extracto de saturación” y algunas propiedades del suelo en 72 muestras procedentes de norte de Alemania que presentaban texturas diferentes. La concentración de Ca^{+2} y Mg^{+2} en el extracto se incrementó con el aumento de la fracción intercambiable, independiente de la textura del suelo. Un comportamiento similar fue observado para el K^+ , pero solamente cuando los suelos se clasificaron por su textura; la pendiente de la línea de regresión resultante de la concentración de K^+ en la solución y el K^+ intercambiable fue más bajo en los suelos con mayor contenido

de arcillas y limos. Los coeficientes de la ecuación de Gapon, calculados a partir de K^+ y Ca^{+2} intercambiable, y su correspondiente en el extracto, varió en un rango amplio; estos se incrementaron con una reducción de la concentración de K^+ de la solución y fueron mayores en los suelos limo arenosos y francos que en los arenosos y areno limosos.

Jarvan (2004) empleó mezclas de cales y otros materiales para corregir problemas de acidez de turberas y modificar así las relaciones entre las bases intercambiables en suelos de Estonia. Los contenidos y las relaciones entre Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^+ variaron dependiendo del tipo de material cal empleado.

Henao y Delvaux (1998) estudiaron la dinámica de K^+ y Mg^+ en diez suelos de la zona cafetera central colombiana, mediante técnicas de intercambio. El número de sitios de adsorción selectiva de K^+ varió dependiendo del tipo de suelo. Entre los Andisoles, las unidades Chinchiná en Caldas y Fresno se distinguieron por una cantidad muy baja de sitios específicos por K^+ ; mientras que en las unidades Líbano y Montenegro la capacidad de almacenamiento de este elemento fue mucho más alta, al igual que las unidades clasificadas como Alfisoles e Inceptisoles. El poder amortiguador de K^+ estuvo estrechamente relacionado con la CICE y del número de sitios específicos; el valor de este parámetro creció con el grado de alteración de los suelos estudiados y de su tenor en arcilla.

Díaz (2006) determinó en cinco unidades de suelo de la zona cafetera colombiana el efecto de algunas dosis de cal agrícola (1,25; 2,5; 5,0 y 10,0 g dm^{-3} de suelo), sobre las características químicas del suelo, empleando una fuente con 51% de CaO y 2% de MgO. Con el incremento de las dosis aplicadas se incrementaron los niveles de Ca^{+2} extraídos con acetato de amonio (CH_3COONH_4) normal y neutro; pese a ello, la tasa del aumento de este elemento no fue igual en todos los suelos. El comportamiento de la respuesta al Mg^{+2} presentó una tendencia cuadrática en cuatro

de los suelos evaluados; tendencia que se relacionó con la competencia entre Ca^{+2} y Mg^{+2} en dosis altas de Ca.

Efecto de las variaciones de Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+} en plantas

La disponibilidad de los nutrientes del suelo para las plantas depende de la cantidad y la naturaleza de estos en la solución del suelo, y su asociación con los nutrientes adsorbidos o contenidos en la fase sólida. En cuanto a las interacciones negativas o “competencias” entre los nutrientes y la absorción por las plantas se refiere, se consideran importantes las siguientes relaciones antagónicas: K^{+} sobre Mg^{+2} , K^{+} sobre NO_3^{-} , Ca^{+2} sobre Mg^{+2} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ sobre Zn^{+2} y NO_3^{-} sobre $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ (Barber, 1995).

El hecho de que las células vegetales estén cargadas negativamente, implica la presencia de un exceso equivalente negativo. De esta forma, la especie más rápidamente absorbida tiende a neutralizar los equivalentes aniónicos disponibles reduciendo así la carga electrostática para los demás cationes. La velocidad de absorción depende del mecanismo de absorción y de la concentración de iones individuales presentes en la solución nutritiva. Estas reacciones pueden darse por competencia no específica pero también por efectos de competencia entre transportadores (Mengel y Kirkby, 2000).

El flujo de K^{+} a través de la membrana puede reducirse severamente en presencia de otros cationes como NH_4^{+} , Na^{+} , etc., siendo algunas plantas más sensibles que otras. Nieves *et al.* (2007), registran una reducción del 28% en el crecimiento del tomate, cuando dicho cultivo fue sometido a una alta concentración de NH_4^{+} en solución del suelo que contenía K^{+} . Los mecanismos asociados a este fenómeno fueron relacionados con la competencia de ambos iones para entrar a la célula. Del mismo modo, Alemán *et al.* (2009) sostienen que al incrementar la

concentración de Na^+ en la raíz de algunas especies, se limita sustancialmente la absorción de otros cationes como el Ca^{+2} y Mg^{+2} .

Fonseca y Meurer (1997) demostraron que en maíz (*Zea mays*) el K^+ puede inhibir la absorción de Mg^{+2} cuando la concentración de este último en la solución externa es baja, en tanto que el Mg^{+2} no afecta la absorción de K^+ ; es más, su influjo puede aumentarse con las altas concentraciones de Mg^{+2} en el medio externo. En contraste a lo anterior, Ding *et al.* (2006), hallaron que un exceso de Mg^{+2} , junto con una baja concentración de K^+ , disminuye la actividad de la enzima nitrato reductasa y la concentración de azúcares en las hojas de arroz (*Oriza sativa*), como consecuencia de un fuerte efecto antagónico; en tal caso, la deficiencia de Mg^{+2} no se compensó por un moderado suministro de K^+ , pero se acrecentó con el exceso de K^+ , hecho que de acuerdo con los autores sugiere roles específicos de Mg^{+2} , tanto en la producción de la biomasa seca como en la distribución de los asimilados de carbono en la planta de arroz.

La disponibilidad de Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^+ para las plantas, al igual que otros elementos, está en función de su contenido en la fase intercambiable (Factor Cantidad-Q) y en la solución (Factor Intensidad); adicionalmente, los coloides de los suelos difieren en su habilidad para mantener la concentración de los elementos en la solución (Factor Capacidad), debido a su naturaleza y composición química (Havlin *et al.*, 1999; Mengel y Kirkby, 2000).

Además de los anteriores factores, muchos autores citados abajo aseguran que la disponibilidad de las bases intercambiables también puede afectarse con la proporción relativa de estos, es decir su cantidad frente a los demás cationes y/o con respecto a la CIC (determinada analíticamente) o CICE (CIC efectiva, determinada por la suma de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ y Al^{+3}).

Una de las investigaciones pioneras (quizás la primera) sobre el tema fue desarrollada por Bear y Toth (1948), quienes analizaron la influencia de Ca^{+2} sobre la disponibilidad de otros cationes del suelo. En este trabajo los autores en referencia sustentan que idealmente un suelo debe presentar los siguientes niveles de saturación de Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+} en el complejo de intercambio para que pueda soportar buenos rendimientos: 65%, 10% y 5% respectivamente. En este mismo orden de ideas las relaciones que se establecen entre estos elementos son: Ca:Mg (6,5:1), Ca:K (13:1) y Mg:K (2:1). Para su afirmación, Bear y Toth se basaron en los resultados de diversas investigaciones que se desarrollaron en torno a las necesidades y el “estatus” de estos elementos durante ocho años en 20 suelos representativos de New Jersey (EUA).

Aunque los objetivos de los estudios en referencia son semejantes, el enfoque y las metodologías varían, pues algunos sólo consideran dos de los elementos (principalmente el Mg^{+2} y el K^{+}), otros involucran a los tres; muchos han dirigido su atención hacia los problemas de la acidez y el manejo de la fertilidad del suelo con miras a encontrar un equilibrio entre las bases, otros por el cambio consideran las interacciones de estos nutrientes mediante técnicas de hidroponía. Adicionalmente, diversas investigaciones han tenido en cuenta solamente el suelo, mientras que otros involucran la respuesta de la planta mediante la determinación de diferentes variables biológicas (biomasa seca, absorción de nutrientes por órganos específicos, actividad enzimática, asociaciones con microorganismos benéficos o patogénicos, etc.). Por último cabe resaltar acerca de la diversidad de variables edáficas que se han tenido en cuenta dentro de estos estudios, entre los cuales se pueden mencionar: los contenidos de Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+} en la fase intercambiable y en la solución del suelo, sus relaciones [Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, (Ca+Mg)/K] en estas dos fases, la cantidad relativa de estos elementos con respecto a la CIC o CICE (expresados en términos de porcentajes de saturación), la actividad y la energía de intercambio de estas bases, y su relación con otras propiedades del suelo (la mineralogía, la textura, etc.), entre otros. A continuación se presentan algunos ejemplos relacionados con lo anterior.

Efecto de las relaciones de Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^+ en algunos cultivos

En las siguientes investigaciones se ha podido relacionar alguno de los parámetros objeto de estudio con la respuesta de algunos cultivos.

Silva y Meurer (1988) agruparon 14 suelos de Brasil en tres categorías con base en su CIC (9 cmolc kg^{-1}) con el fin de encontrar mejores indicadores de la disponibilidad de K^+ para el cultivo de trigo (*Triticum sativum*). De esta manera se logró obtener modelos con mayor significancia y niveles diferentes de K^+ intercambiable para la máxima producción de materia seca en cada caso.

Para la misma zona, Meurer y Anghinoni (1993) se propusieron encontrar otros parámetros del suelo, diferentes al K^+ intercambiable para predecir la disponibilidad de este elemento para el sorgo (*Sorghum vulgare* L.). Al considerar el conjunto de los datos se encontró una significancia limitada para expresar la disponibilidad de K^+ ; los demás parámetros por sí solos tampoco lograron explicar las variaciones en el rendimiento, pero una vez que los suelos fueron agrupados de acuerdo con su mineralogía y CIC se mejoró significativamente la predicción; en este sentido el mejor indicador fue la relación K^+/CIC .

Böll y Nakagawa (1995) utilizaron un suelo clasificado como Latosol de textura media con el propósito de estudiar el efecto de las variaciones en las relaciones de Ca:Mg en la producción y absorción de nutrientes en ajo (*Alium sativum* L.). Se aplicaron siete tratamientos a base de carbonatos de Ca y de Mg (relaciones 0:1, 1:0, 1:10, 1:4; 1:1, 4:1 y 10:1); manteniendo constante la saturación de bases en 75%, mediante la aplicación de K. Los tratamientos lograron modificar los contenidos y las relaciones en la fase intercambiable, en la solución y en las hojas. La relación de

Ca:Mg afectó la producción solamente cuando fue muy desbalanceada, como consecuencia de contenidos mayores de Mg^{+2} frente al Ca^{+2} . Para relaciones altas de Ca:Mg la producción no se afectó.

En un trabajo desarrollado sobre un Latosol de Brasil, Oliveira *et al.* (2001) evaluaron el efecto combinado de la nutrición potásica (siete dosis) y el encalamamiento con cal dolomítica (cinco niveles) en soya (*Glycine max*). Cuando la relación (Ca+Mg)/K intercambiables era superior a 36 ó la relación de los contenidos foliares (Ca+Mg)/K superior a 3,6, se obtuvieron las menores producciones de materia seca. Las producciones más altas, asociadas a un “mejor equilibrio” de los niveles foliares de K, Ca y Mg, se obtuvieron cuando esta relación en el suelo se encontraba entre 20 y 30; parámetro que mostró ser un índice importante para determinar la disponibilidad de K^+ en el suelo para este cultivo.

Con el propósito de hallar un buen balance entre Ca^{+2} y Mg^{+2} para el cultivo de maíz (*Zea mays*) en la región de Cerrado (Brasil), Silva (1980) determinó el efecto de diferentes tratamientos a base de carbonatos de Ca y de Mg (proporciones 4:1, 3:1, 2:2, y 0:4), de P (0, 75, 150 y 300 mg kg^{-1}) y de K (0, 50 y 100 mg kg^{-1}). La respuesta del rendimiento en materia seca presentó el mismo comportamiento para todos los niveles de P y K dentro de cada relación de Ca y Mg. La biomasa de las raíces y de la parte aérea se disminuyeron al reducir las relaciones Ca:Mg, siendo la mejor relación el tratamiento más alto de Ca y la más baja de Mg; mediante el cual se lograron entre el 63 y 70% de saturación de Ca^{+2} para los dos suelos.

Lopera *et al.* (1979), a través de la aplicación diferencial de $CaCO_3$ y $MgCO_3$ lograron aumentar los niveles de pH, Ca^{+2} y Mg^{+2} de tres Histosoles ácidos cultivados con cebolla (*Allium cepa* L.). Para una relación de Ca/Mg inferior a 0,5 el rendimiento de bulbos se vio afectado, más no así para valores entre 0,5 y 6,5. No se logró obtener una relación crítica con la menor concentración de Mg^{+2} , y por lo tanto

la mayor de Ca^{+2} ; adicionalmente, la producción no se alteró cuando los contenidos de Mg^{+2} alcanzaron $1,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$, si el Ca^{+2} fuera suficiente. Los autores sugieren tener en cuenta la relación Ca/Mg para condiciones de estudio cuando se realizan labores de encalamiento.

En el estudio conducido por Moreira *et al.* (2005) se determinó el efecto de la relación de Ca:Mg en un Oxisol cultivado con alfalfa (*Medicago sativa* L.). Se evaluaron diferentes tratamientos, variando la cantidad de la cal y la relación Ca:Mg. Con un incremento en la relación $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ intercambiables disminuyeron los contenidos de Ca y Mg en la materia seca aérea y en la fase intercambiable. La saturación de K^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2} correlacionaron directamente con la producción y el aumento de la relación $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ redujo el pH y aumentó la acidez potencial del suelo.

Para *Brassica campestris* (mostaza salvaje), cultivada bajo condiciones controladas en dos tipos de suelo de Japón, las relaciones Mg:K y Ca:Mg en la solución del suelo fueron mejores indicadores que la fracción intercambiable para predecir el crecimiento de las plantas (Taira *et al.*, 2004).

A continuación se presentan algunos estudios en los cuales el rendimiento no se relacionó con las relaciones de las bases arriba mencionadas.

Con el fin de estudiar el efecto de los cambios en las relaciones entre Ca^{+2} y Mg^{+2} (0,5, 1, 2, 4, 6 y 8) sobre el crecimiento y producción de fríjol, Oliveira y Parra (2003) llevaron a cabo una investigación con dos suelos lateríticos de Brasil, a los que aplicaron carbonato de Ca y de Mg. Los tratamientos influyeron sobre la toma de estos dos elementos; en este sentido el incremento de la relación se tradujo en una elevación de Ca^{+2} y la reducción de Mg^{+2} . Pese a lo anterior las variaciones obtenidas

en las relaciones en referencia no afectaron los rendimientos de la materia seca de las plantas.

Oliveira (1993) condujo una investigación en el que se utilizó un suelo clasificado como Typic Haplorthox, para evaluar el efecto de tratamientos resultantes de la combinación factorial de tres niveles de saturación de bases intercambiables (40, 60 y 80%) y siete relaciones de Ca/Mg (1, 2, 4, 6, 8, 10 y 12) sobre el maíz. Las variaciones de las relaciones Ca/Mg no afectaron el rendimiento de la materia seca. Los aumentos en las relaciones de Ca/Mg condujeron al aumento de Ca y la disminución del Mg en el tejido. Los incrementos en los contenidos de Mg^{+2} en suelos con niveles semejantes de Ca^{+2} intercambiable, disminuyeron su concentración en el tejido de maíz. Un comportamiento semejante se observó con relación al Mg^{+2} intercambiable.

En el cultivo de soya, y para un Typic Haplorthox, se determinó la influencia de cuatro niveles de encalado (0,5; 1; 2 y 4 veces el contenido de aluminio intercambiable), y cinco relaciones de Ca:Mg (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100) en la región de Cerrado (Brasil) (Muchovej *et al.*, 1986). Conforme al aumento de la cal se incrementaron los valores del pH y los contenidos de Ca^{+2} y Mg^{+2} , dependiendo de las proporciones; generando así relaciones de Ca:Mg entre 0,25:1,0 y 24:1,0. Pese a lo anterior la biomasa seca de las plantas no se vio afectada por los tratamientos. La falta de respuesta al Mg^{+2} se atribuyó a sus niveles iniciales, y se concluyó que éste fue un factor más importante que las relaciones entre las dos bases.

Mediante un diseño factorial, resultante de cuatro niveles de K y siete tratamientos de encalado, se evaluó la relación de la saturación de bases en un suelo franco arenoso en Delaware (Liebhardt, 1981). Se lograron amplios rangos de pH y porcentajes de saturación de las bases intercambiables; pese a ello los valores óptimos encontrados fueron diferentes a lo establecido para la región. Se demostró que estos parámetros no garantizan un incremento en la producción, y que incluso pueden

afectar de manera negativa la rentabilidad del renglón al aumentar los costos de producción; en este orden de ideas, resultó más beneficioso el manejo de la acidez.

Mc Lean y Carbonell (1972) determinaron el efecto de algunas relaciones de saturación de bases intercambiables (Ca:Mg 75%:5% hasta 50%:25% para dos niveles de K) sobre la producción y el contenido de nutrientes en alfalfa y mijo. La producción de las especies cultivadas no se alteró por las variaciones de estas relaciones. El aumento de la saturación de Mg^{+2} se tradujo en un incremento en el contenido foliar de este elemento, con la subsecuente disminución de los niveles de K en la planta.

Jiménez (2006) estudió la dinámica y la disponibilidad de potasio en Andisoles e Inceptisoles dedicados al cultivo de la papa en el altiplano cundiboyacense (Colombia). Este autor no encontró respuesta en producción a los tratamientos ni las relaciones entre bases intercambiables.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo a campo abierto en la localidad de “Los Guaros”, en Maturín estado Monagas. Dicha localidad está ubicada geográficamente en las coordenadas 9° 43′ 33,1” latitud norte y 63° 11′ 36,6” longitud oeste, con altitud aproximada de 62 msnm, temperaturas promedio de 23 °C por la noche y 33 °C por el día para los meses de abril y mayo de 2016 respectivamente, y precipitación media anual de 1009 mm (INAMEH; 2016, AccuWeather, 2017).

La siembra se realizó en bolsas de polietileno y el suelo utilizado fue tomado de la sabana del sur de Monagas, específicamente de una unidad de producción de la comunidad “El Samán” vía a “Altamira”, la ubicación geográfica de dicha localidad es 09° 44′ 28.3” latitud norte y 63° 03′ 29.7” longitud oeste.

Para determinar algunas propiedades físicas y químicas del suelo estudiado se tomaron tres muestras de los tratamientos contentivos de los niveles 0 kg de cal y 1.000 de cal y se mezclaron por separado para obtener una muestra de 1 kg de suelo de cada uno de los niveles, lo cuales se enviaron al Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad de Oriente, en Campo Juanico para realizar dicho estudios.

Una vez aplicada la cal, de acuerdo a los tratamientos correspondientes, el suelo se dejó en incubación, humedecido con el riego por 20 días. Luego de este periodo de tiempo se procedió con la siembra de los cultivares.

Inmediatamente antes de la siembra se realizó la fertilización a razón de 500 Kg/ha de la fórmula completa 10-20-20, a cada una de las bolsas, en los extremos de la bolsa, de acuerdo a lo establecido por Acosta (1995), Durán (2010) y Hernández (2010).

La siembra se realizó el día 06 de abril, se colocaron dos semillas por hoyo a 3 cm de profundidad aproximadamente. A los 14 días después de la siembra se procedió con el raleo.

El ensayo constó de 10 cultivares de los cuales nueve son accesiones provenientes de la colección de leguminosas del Banco de Germoplasma de leguminosas del INIA-CENIAP (donados por la Dra. Delis Pérez) y el cultivar Tuy como testigo, en combinación con cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal, lo que sumó 80 tratamientos, en cuatro repeticiones, para un total de 320 unidades experimentales. Basado en la densidad del suelo bajo estudio ($D_a=1,5 \text{ g/cm}^3$) y una densidad poblacional de 200.000 plantas/Ha, se procedió a estimar la cantidad de suelo necesaria para cada planta, lo que arrojó una cantidad de 15 Kg de suelo, lo que requirió 28.800 Kg de suelo o $19,2 \text{ m}^3$. Así, cada unidad experimental (Figura 1) estuvo constituida por seis bolsas con dimensiones de $22 \times 27 \text{ cm}^2$, lo que permitió albergar 15 Kg de suelo, para un total de 1.920 bolsas utilizadas (Figura 2).

Cuadro 2. Factores y niveles utilizados para formar los tratamientos.

GENOTIPO	DOSIS DE CAL (Kg/Ha)	FREC. RIEGO
I-457	0	TD
I-492		C3D
I-495		C5D
I-544		C7D
I-548		
I-557	1000	TD
I-561		C3D
I-572		
I-582		C5D
TUY		C7D

(TD): Frecuencia de riego todos los días; (C3D): frecuencia de riego cada tres días; (C5D): frecuencia de riego cada cinco días; (C7D): frecuencia de riego cada siete días.

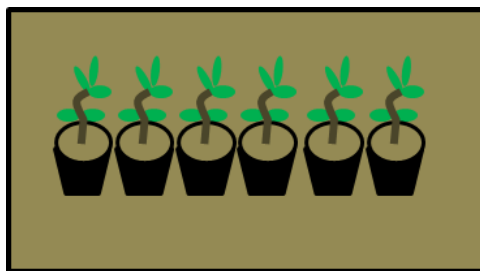


Figura 1. Unidad experimental contentiva de seis bolsas cada una con una planta.

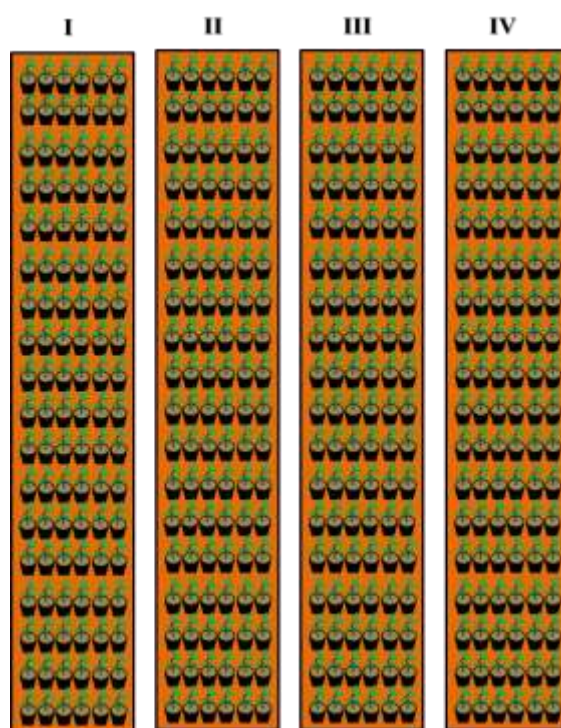


Figura 2. Croquis del arreglo de las unidades experimentales dentro de cada repetición.

Los tratamientos fueron dispuestos de acuerdo al Diseño de Bloques al Azar y el arreglo de los tratamientos se estableció en forma Factorial, de tres factores $10 \times 4 \times 2$.

El modelo matemático resultante para este experimento se muestra a continuación, así como las hipótesis establecidas y el cuadro de análisis de varianza respectivo:

Modelo matemático aplicado (Cochran y Cox, (1957):

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_c + \beta_f + \gamma_d + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

$c = 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10, a; f = 1; 2; 3; 4; b; d = 1; 2; c; l = 1; 2; 3; 4; r$

Donde:

τ_c , β_f y γ_d : Son los efectos producidos por el nivel c-ésimo del factor A (cultivares), ($\sum_c \tau_c = 0$), por el nivel f-ésimo del factor B (frecuencia de riego), ($\sum_f \beta_f = 0$) y por el nivel d-ésimo del factor C, ($\sum_d \gamma_d = 0$), respectivamente.

$(\tau\beta)_{cf}$, $(\tau\gamma)_{cd}$, $(\beta\gamma)_{fd}$ y $(\tau\beta\gamma)_{cfd}$: Son los efectos producidos por las interacciones entre $A \times B$, $A \times C$, $B \times C$ y $A \times B \times C$, respectivamente.

Las sumas de cuadrados teóricas, resultantes para dicho modelo de acuerdo a Cochran y Cox (1957), se muestran a continuación:

- $SCT = \sum_{i,j,k,l} y_{ijkl}^2 - (y^2) / (abcr)$; $SCA = \left(\sum_i y_{i...}^2 \right) / (bcr) - (y^2) / (abcr)$
- $SCB = \left(\sum_j y_{.j..}^2 \right) / (acr) - (y^2) / (abcr)$; $SCC = \left(\sum_k y_{...k}^2 \right) / (abr) - (y^2) / (abcr)$
- $SC(AB) = \left(\sum_{i,j} y_{ij..}^2 \right) / (cr) - (y^2) / (abcr) - SCA - SCB$
- $SC(BC) = \left(\sum_{j,k} y_{.jk.}^2 \right) / (ar) - (y^2) / (abcr) - SCB - SCC$
- $SC(AC) = \left(\sum_{i,k} y_{i.k.}^2 \right) / (br) - (y^2) / (abcr) - SCA - SCC$
- $SC(ABC) = \left(\sum_{i,j,k} y_{ijk.}^2 \right) / r - (y^2) / (abcr) - SCA - SCB - SCC - SC(AB) - SC(AC) - SC(BC)$
- $SCR = SCT - SCA - SCB - SCC - SC(AB) - SC(AC) - SC(BC) - SC(ABC).$

De lo cual se desglosan las siguientes hipótesis Cochran y Cox (1957):

- i) $H_{0A} \equiv \tau_1 = \dots = \tau_a = 0 : F_A = \frac{CMA}{CMR} \rightsquigarrow^{H_{0A}} F_{(a-1), abc(r-1)}$
- ii) $H_{0B} \equiv \beta_1 = \dots = \beta_b = 0 : F_B = \frac{CMB}{CMR} \rightsquigarrow^{H_{0B}} F_{(b-1), abc(r-1)}$
- iii) $H_{0C} \equiv \gamma_1 = \dots = \gamma_c = 0 : F_C = \frac{CMC}{CMR} \rightsquigarrow^{H_{0C}} F_{(c-1), abc(r-1)}$
- iv) $H_{0(AB)} \equiv (\tau\beta)_{ij} = 0, \forall i, j : F_{(AB)} = \frac{CM(AB)}{CMR} \rightsquigarrow^{H_{0(AB)}} F_{(a-1)(b-1), abc(r-1)}$
- v) $H_{0(AC)} \equiv (\tau\gamma)_{ik} = 0, \forall i, k : F_{(AC)} = \frac{CM(AC)}{CMR} \rightsquigarrow^{H_{0(AC)}} F_{(a-1)(c-1), abc(r-1)}$
- vi) $H_{0(BC)} \equiv (\beta\gamma)_{jk} = 0, \forall j, k : F_{(BC)} = \frac{CM(BC)}{CMR} \rightsquigarrow^{H_{0(BC)}} F_{(b-1)(c-1), abc(r-1)}$
- vii) $H_{0(ABC)} \equiv (\alpha\beta\gamma)_{ijk} = 0, \forall i, j, k : F_{(ABC)} = \frac{CM(ABC)}{CMR} \rightsquigarrow^{H_{0(ABC)}} F_{(a-1)(b-1)(c-1), abc(r-1)}$

Cuadro 3. Análisis de varianza aplicado a las variables cuantitativas.

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F_{exp}
Factor A	SCA	$a - 1$	CMA	CMA/CMR
Factor B	SCB	$b - 1$	CMB	CMB/CMR
Factor C	SCC	$c - 1$	CMC	CMC/CMR
AxB	SC(AB)	$(a - 1)(b - 1)$	CM(AB)	$CM(AB)/CMR$
AxC	SC(AC)	$(a - 1)(c - 1)$	CM(AC)	$CM(AC)/CMR$
BxC	SC(BC)	$(b - 1)(c - 1)$	CM(BC)	$CM(BC)/CMR$
AxBxC	SC(ABC)	$(a - 1)(b - 1)(c - 1)$	CM(ABC)	$CM(ABC)/CMR$
Residual	SCR	$abc(r - 1)$	CMR	
TOTAL	SCT	$abcr - 1$	CMT	

Las frecuencias de riego utilizadas fueron: riego cada día (TD); riego cada tres días (C3D); riego cada cinco días (C5D) y riego cada siete días (C7D), mientras que las dosis de cal utilizadas fueron 0 (testigo) y 1.000 Kg/Ha, de acuerdo a lo expuesto por Valladares (1990). La lámina de riego aplicada para cada una de las unidades experimentales en sus diferentes frecuencias fue establecida en función de la capacidad de campo (CC) del suelo, definida como la cantidad de agua que es capaz

de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando pérdida por evapotranspiración hasta que el potencial hídrico del suelo se estabilizara (alrededor de 24 a 48 horas después de la lluvia o riego). La cantidad de agua de riego fue igual para cada tratamiento (Israelson y West, 1922), ver Figuras 3 y 4.

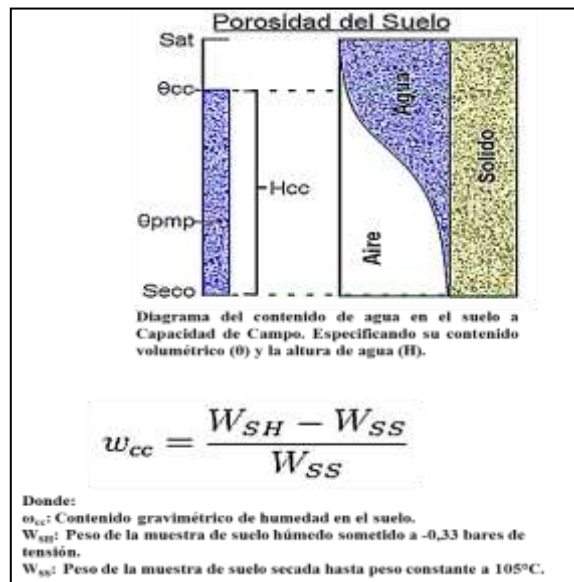


Figura 3. Diagrama de la capacidad de campo

40 m	RI	RII	RIII	RIV
	12	70	80	1
	36	67	6	2
	79	14	69	3
	38	38	25	4
	69	56	53	5
	37	58	75	6
	5	9	5	7
	3	55	47	8
	68	78	15	9
	78	32	30	10
	24	63	44	11
	72	16	73	12
	63	26	67	13
	51	75	4	14
	75	5	71	15
	14	15	72	16
	22	44	51	17
	56	33	70	18
	74	40	10	19
	44	54	46	20
	35	47	66	21
	45	49	19	22
	6	69	45	23
	59	3	31	24
	17	74	58	25
	67	41	38	26
	34	80	24	27
	57	79	40	28
	48	23	39	29
	30	43	43	30
	31	6	13	31
	10	65	36	32
	55	61	64	33
	53	72	79	34
	8	37	3	35
	76	19	26	36
	9	57	78	37
	64	39	74	38
	52	7	62	39
	43	11	14	40
	60	60	22	41
	33	2	33	42
	39	18	1	43
	61	27	59	44
	71	48	52	45
	19	45	16	46
	4	36	77	47
	58	20	23	48
	65	51	48	49
	20	77	28	50
	66	62	50	51
	7	24	37	52
	41	73	63	53
	46	34	57	54
	11	52	32	55
	29	30	34	56
	18	12	76	57
	42	28	41	58
	80	35	17	59
	25	22	60	60
	49	42	9	61
	70	31	29	62
	21	4	7	63
	23	17	27	64
	2	21	2	65
	1	59	54	66
	16	50	21	67
	47	53	68	68
	32	68	18	69
	73	25	35	70
	40	29	65	71
	77	64	55	72
	27	66	8	73
	26	1	56	74
	50	10	49	75
	54	76	12	76
	62	8	20	77
	13	13	42	78
	28	46	11	79
	15	71	61	80
	6 bolsas	0,5 m	6 bolsas	0,5 m
			6 bolsas	0,5 m
				6 bolsas

Figura 4. Plano experimental

A los 14 días después de la siembra se procedió a ralear para ajustar la población de plantas a la densidad de siembra establecida y eliminar el exceso de competencia entre plantas.

El día después de la siembra y en las primeras horas de la mañana se presentaron ataques por parte de aves que sustraían las semillas del suelo por lo que había que estar pendiente de esto, el ataque cesó dos días después de la siembra sin la aplicación de un método de control. Para prevenir ataques por parte de bachacos (*Atta sexdens*), se procedió a aplicar los insecticidas Flumin y Atilan en las inmediaciones del terreno, y para prevenir el ataque de defoliadores voladores de los géneros (*Andrector*, *Diabrotica* y *Diphaulaca*), se aplicó el insecticida Lannate en la dosis de 1,5 l/ha, una semana después de la siembra. Los insecticidas utilizados resultaron efectivos y no fue necesaria una segunda aplicación. Los ataques por patógenos fueron insignificantes.

La emergencia de los genotipos comenzó a los 2 días después de la siembra en los tratamientos contentivos de la frecuencia de riego TD, al tercer día emergieron las plantas regadas C3D y C5D y por último, a los 7 días emergieron las plantas que fueron tratadas con la frecuencia de riego C7D.

Desde el día 21 hasta el 25 de mayo, se realizó la evaluación de los caracteres vegetativos de los genotipos. Debido a que uno de los objetivos de este ensayo era determinar la adaptabilidad de los genotipos a la sequía, se decidió desmontar el ensayo (45 dds) ante la amenaza de precipitaciones dispersas, aunque la época lluviosa no empezó sino pasados los primeros 15 días del mes de junio, tal cual como lo pronosticó INAMEH (2016). Los caracteres o variables evaluadas se describen a continuación:

Porte de la planta: Para esta variable se realizó una evaluación visual de las seis plantas de cada unidad experimental y se procedió a realizar comparaciones con la escala establecida por el IBGRI, la cual establece las siguientes categorías:

porte erecto: ningún eje lateral toca el suelo

porte semi-erecto: al menos un eje lateral toca el suelo

porte rastrero o decumbente: toda la planta se apoya en el suelo.

Altura aparente: La medición se hizo desde la base del tallo hasta el límite marcado por el follaje de las seis plantas de cada unidad experimental, con una cinta métrica. La evaluación se realizó antes de desmontar el experimento. La ecuación utilizada para obtener el promedio por cada unidad experimental se muestra a continuación:

Longitud (cm) del eje central: La medición se realizó a las seis plantas de cada unidad experimental una vez desmontado el ensayo, desde el cuello de la planta hasta el último nudo (hoja desarrollada).

Diámetro (mm) del eje central: Este carácter se evaluó al momento de cosecha en todas las plantas de cada unidad experimental, inmediatamente por debajo del primer nudo con un vernier digital, colocado en forma tal que el nudo no formase parte de la medición, es decir, al lado y por debajo del nudo.

Número de ejes laterales/planta: En este carácter se contaron los ejes laterales de las seis plantas de cada unidad experimental. Este carácter se evaluó a la cosecha y el conteo se realizó en forma ascendente (acrópeto) considerando en el conteo solamente los ejes ubicados en el eje central.

Longitud (cm) de los ejes laterales: Las medidas de los ejes laterales se tomaron desde la base o punto de inserción hasta el último nudo de cada eje (última hoja bien desarrollada). Este carácter fue medido a la cosecha con una cinta métrica.

Materia (g) fresca parte aérea y raíz: Una vez realizadas las mediciones antes descritas, se procedió a dividir las plantas de cada unidad experimental en biomasa aérea y radical (parte subterránea), para luego ser pesadas una a una de acuerdo al tratamiento correspondiente, para luego ser promediados los pesos de cada grupo de seis plantas.

Materia (g) seca parte aérea y raíz: Una vez pesadas las plantas como se describe en el apartado anterior, se procedió a la identificación para luego llevarlas a estufa por 72 hrs a una temperatura promedio de 102 °C y luego proceder con el pesado de cada grupo de plantas de cada tratamiento.

Para obtener los promedios de las seis bolsas en cada unidad experimental para cada una de las variables cuantitativas se utilizó la siguiente ecuación:

$$\bar{Y}_v = \sum P_{1...6} / n$$

Donde:

$\bar{Y}_v$: representa el promedio de las seis plantas de cada unidad experimental de cada variable cuantitativa evaluada.

$\sum P_{1...6}$: es la sumatoria de altura de la planta uno hasta la planta seis.

n : es el número de plantas (seis).

Para hallar las posibles diferencias entre las medias de los factores y sus interacciones, se aplicó análisis de varianza al 5% de probabilidad, de acuerdo con el diseño utilizado.

En los análisis de varianza donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas se aplicó la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5% de probabilidad para agrupar las medias de los factores y sus posibles interacciones. El modelo matemático de dicha prueba se muestra a continuación:

Ecuación de la prueba de promedios de Rangos Múltiples de Duncan (Cochran y Cox, 1957):

$$R_p = q_{\alpha'} * S_{\bar{y}_i}$$

Donde:

R_p = es el estadístico de prueba, con el cual se comparan los grupos de medias.

$S_{\bar{y}_i}$ = es la desviación típica y es calculado con la siguiente ecuación

$$S_{\bar{y}_i} = \sqrt{\frac{CMe}{r}}$$

A su vez CMe; es el cuadrado medio del error experimental y r; es el número de repeticiones.

$q_{\alpha'}$ = es el valor tabular de los Rangos significativos studentizados

α = es el nivel de significancia (5%).

Para determinar el coeficiente de variación se utilizó la siguiente ecuación:

$$C.V = \sqrt{\frac{CMe}{\bar{y}}} * 100$$

RESULTADOS

CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE LA REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

En la zona donde se realizó el experimento no se registró precipitación alguna durante el desarrollo del cultivo excepto el día en el cual se procedió a desmontar el experimento, debido a que uno de los objetivos planteados inicialmente fue conocer el nivel de adaptabilidad a condiciones de sequía de los cultivares evaluados. Sin embargo para el resto del municipio se presentaron precipitaciones dispersas en los meses de abril y mayo de 2016, como se muestra en el Cuadro 4. Es importante destacar que según Accuweather (2017), la temperatura media mensual máxima (32 °C) y mínima (23 °C) de los dos meses abril y mayo de 2016 respectivamente, no mostró diferencias significativas que pudieran enmascarar la expresión fenotípica de los genotipos bajo estudio. De igual forma podemos observar con respecto de la precipitación, puesto que como no se registró lluvia durante el lapso de desarrollo del cultivo, la expresión obtenida de los cultivares, no se vio afectada por este factor.

CANTIDAD DE AGUA APLICADA A CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS

La cantidad de agua aplicada a cada uno de los tratamientos fue de acuerdo a lo requerido por la capacidad de campo del suelo en todas las frecuencias establecidas para el ensayo. La capacidad de campo (C.C) del suelo estuvo alrededor de 11,8%, similar para todos los tratamientos, debido a que era el mismo tipo de suelo, lo que representa 1.770 ml de agua por cada bolsa de 15 kg de suelo secado en condición natural (4 % de humedad).

CONDICIONES QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL SUELO DEL EXPERIMENTO

El Cuadro 5 muestra las propiedades físicas y químicas del suelo utilizado para el experimento, destacándose la textura areno-francosa del suelo y que el pH del mismo en condición natural estuvo alrededor de 4,9 por lo que se considera un suelo moderadamente ácido según Fassbender (1982) citado por Jaramillo (2002), donde el pH está asociado a elevados niveles de aluminio intercambiable, hecho que interfiere con el óptimo desarrollo radical y por ende de la planta. El suelo una vez encalado (1.000 Kg/ha), mostró una respuesta significativa a la aplicación de la enmienda, pues, el pH aumentó hasta 6,25, lo que se considera ligeramente ácido y su acidez está asociada a grupos orgánicos funcionales con trazas de aluminio (Fassbender, 1982; citado por Jaramillo, 2002). En general la capacidad de intercambio catiónico fue baja, notándose un incremento notorio de ésta cuando al suelo le fue aplicado cada uno de los tratamientos como se indica en el Cuadro 5. La saturación de calcio en el suelo utilizado mostró un aumento significativo cuando fue añadida la dosis de 1.000 kg de cal, pues ésta pasó de 0,73 meq Ca/100 g de suelo a 1,54 meq Ca/100 g de suelo lo que duplicó el contenido original.

También se puede notar que la saturación ácida se mantuvo en el suelo encalado con respecto a la muestra de suelo sin cal, debido a que en el suelo encalado la saturación de aluminio bajó pero se mantuvo la saturación de iones de hidrogeno. La conductividad eléctrica de las tres muestras evaluadas en general fue baja, por lo que esta propiedad no interfirió con el desarrollo de los cultivos.

Cuadro 4. Temperaturas y precipitación registrada en Maturín entre los meses de abril y mayo de 2016.

Día	Abril				mayo			
	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)
	Mínima	Máxima	Promedio diario		Mínima	Máxima	Promedio diario	
1	23	32	27,5	4,0	22	25	23,5	6,0
2	22	34	28,0	0,0	21	29	25,0	3,0
3	23	26	24,5	0,0	22	33	27,5	3,0
4	27	33	30,0	0,0	22	34	28,0	1,0
5	21	33	27,0	5,0	23	33	28,0	5,0
6	23	33	28,0	1,0 *	23	35	29,0	2,0
7	23	32	27,5	2,0	24	34	29,0	4,0
8	23	32	27,5	0,0	24	34	29,0	8,0
9	22	33	27,5	0,0	24	35	29,5	1,0
10	23	32	27,5	0,0	23	35	29,0	3,0
11	22	34	28,0	0,0	24	33	28,5	2,0
12	21	33	27,0	1,0	24	34	29,0	4,0
13	22	34	28,0	0,0	24	35	29,5	4,0
14	22	34	28,0	0,0	24	32	28,0	4,0
15	23	35	29,0	3,0	24	34	29,0	2,0
16	24	34	29,0	3,0	24	33	28,5	2,0
17	25	34	29,5	6,0	23	33	28,0	5,0
18	23	34	28,5	2,0	23	34	28,5	5,0
19	23	33	28,0	0,0	23	34	28,5	1,0
20	24	34	29,0	0,0	23	34	28,5	6,0
21	23	31	27,0	0,0	24	33	28,5	6,0 **
22	23	32	27,5	0,0	24	32	28,0	3,0
23	23	32	27,5	2,0	24	32	28,0	3,0
24	23	33	28,0	6,0	24	34	29,0	0,0
25	21	34	27,5	5,0	23	34	28,5	0,0
26	23	33	28,0	0,0	23	34	28,5	3,0
27	23	36	29,5	0,0	24	32	28,0	7,0
28	23	31	27,0	0,0	24	32	28,0	5,0
29	23	30	26,5	3,0	24	32	28,0	6,0
30	22	30	26,0	2,0	23	33	28,0	2,0
31	...	...	...	5,0	23	33	28,0	0,0
Promedio Mes	22,9	32,7	27,8	1,6 ***	23,4	33,0	28,2	3,3 ***

*: Inicio del experimento

**: Fin del experimento

***: A pesar de la precipitación reportada, en la zona donde se realizó el experimento, no se registró precipitación durante el experimento.

Cuadro 5. Algunas características físicas y químicas del suelo con que se realizó el experimento.

Muestra	Textura	Humedad (%)	pH	meq/100 g suelos				CE (µs)	% Sat. Al ⁺³	% Sat. Ácida	% Sat. Ca ⁺²
				CIC	Al ⁺³	H ⁺	Ca ⁺²				
0 cal	aF	4	4,92	1,21	0,28	0,20	0,73	203	23,14	39,7	60,3
1.000 kg/ha cal	aF	4	6,25	1,97	0,07	0,36	1,54	260	3,55	21,8	78,2

Fuente: Laboratorio de Suelos, Universidad de Oriente, 2016.

CARACTERES DEL DESARROLLO VEGETATIVO

A continuación se describen los resultados del desarrollo vegetativo de los cultivos evaluados en función de los tratamientos aplicados:

Porte de la planta

Todos los cultivos evaluados en este ensayo para la fecha de desmontar el ensayo, resultaron de porte erecto, hecho que no necesariamente es el definitivo puesto que aún faltaban días para completar el máximo desarrollo vegetativo de los cultivos evaluados.

Altura (cm) Aparente

En el Cuadro 1 del apéndice, se muestran los totales y promedios para esta variable y en el Cuadro 2 del mismo, se muestra el análisis de varianza respectivo, donde se puede evidenciar la presencia de diferencias estadísticamente significativas para la interacción frecuencia de riego*dosis de cal, los factores dosis de cal y frecuencia de riego, no así para el factor cultivar así como tampoco para el resto de las interacciones. En el Cuadro 6 se muestra que la interacción entre estos dos factores queda demostrada cuando presenciamos que los cultivos dentro de la

frecuencia de riego todos los días fue mayor estadísticamente la altura aparente en la dosis 0 kg (62,7 cm) que en la dosis 1.000 kg (59,6 cm), sin embargo cuando pasamos a la frecuencia de riego de cada tres días no se encontraron diferencias estadísticas entre la dosis 0 kg (60,2 cm) y la dosis 1.000 kg de cal (58,8 cm). En la frecuencia de riego cada cinco días la dosis 0 kg (57,7 cm) vuelve a mostrarse mayor estadísticamente que la dosis 1.000 kg de cal (53 cm), de igual forma ocurrió dentro de la frecuencia de cada siete días donde los cultivares mostraron mayor altura para la dosis 0 kg (56,7 cm) que cuando fueron tratados con la dosis 1.000 kg de cal (41,9 cm).

Cuadro 6. Análisis de promedios de la altura (cm) aparente de planta de 10 cultivares de frijol sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para la interacción frecuencia de riego*dosis de cal.

Frecuencia de riego	DOSIS DE CAL (Kg/ha)	
	0	1.000
TD	62,7 Aa	59,9 Ab
C3D	60,2 Aba	58,8 Aa
C5D	57,7 Ba	53,0 Bb
C7D	56,7 Ba	41,9 Cb

Prueba de medias según Duncan ($P<0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre frecuencias de riego. **: Comparación horizontal (minúsculas): entre dosis de cal.

Cuadro 7. Análisis de promedios de la longitud (cm) del eje central de la planta, de 10 cultivares de frijol sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para la interacción frecuencia de riego*dosis de cal.

Frecuencia de riego	DOSIS DE CAL (Kg/ha)	
	0	1.000
TD	92,1 Aa	71,0 BCb
C3D	96,6 Aa	75,4 Bb
C5D	76,3 Bb	88,1 Aa
C7D	73,7 Ba	41,2 Cb

Prueba de medias según Duncan ($P<0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre frecuencias de riego. **: Comparación horizontal (minúsculas): entre dosis de cal.

Cuadro 8. Análisis de promedios del diámetro (mm) del eje central de la planta, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal.

CULTIVAR	PROMEDIO (mm)	ÁMBITO *
I-457	7,36	AB
I-492	7,09	ABC
I-495	7,46	A
I-544	7,47	A
I-548	6,81	C
I-557	7,35	AB
I-561	7,43	A
I-572	7,25	ABC
I-582	7,05	ABC
TUY	6,9	BC

Prueba de medias según Duncan ($P < 0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas); entre cultivares.

Los cultivares mostraron mayor altura aparente cuando fueron regados todos los días (62,7 cm) y cada tres días (60,2 cm) para el nivel 0 kg de cal, seguidos de los niveles cada cinco (57,7 cm) y siete días (56,7 cm), sin embargo dentro del nivel 1.000 kg de cal los cultivares alcanzaron mayor altura bajo las frecuencias de todos los días (59,6 cm) y tres días (58,8 cm) las que resultaron similares estadísticamente seguidas del nivel cada cinco días (53,0 cm) y por último el nivel cada siete días (51,9 cm).

Queda evidenciado la fuerte interacción existente entre estos dos factores cuando los cultivares de forma cruzada a la aplicación de cal y riego.

Longitud (cm) del eje central

En el Cuadro 3 del apéndice se muestra los totales y promedios para esta variable y en el Cuadro 4 del mismo se muestra el análisis de varianza respectivo, donde se puede evidenciar la presencia de diferencias estadísticamente significativas

para la interacción frecuencia de riego*dosis de cal, no así para los factores por separados así como tampoco para las otras interacciones. El Cuadro 7 muestra el análisis de promedios donde se evidencia la interacción entre estos dos factores. Dentro de la frecuencia de riego todos los días al igual que la de cada tres días los cultivares mostraron mayor longitud del eje central en la dosis 0 kg (92,1 cm y 71,0 cm respectivamente) en comparación con la dosis 1.000 kg de cal (96,6 cm y 75,4 cm respectivamente), por el contrario en la frecuencia de riego cada cinco días, es la dosis 1.000 kg de cal (88,1 cm) que resultó mayor estadísticamente con respecto de la dosis 0 kg (76,3 cm) y para frecuencia cada siete días vuelve a ser la dosis 0 kg (73,7 cm) mayor estadísticamente que la dosis 1.000 kg de cal (41,2 cm) respecto de la longitud del eje central de los cultivares.

Este cruce en la respuesta de los cultivares en los niveles de riego de todos los días y cada tres días donde la dosis 0 kg de cal es mayor estadísticamente que la dosis 1.000 kg al pasar a la frecuencia de cada cinco días donde por el contrario es la dosis 1.000 kg la que mayor longitud muestra, es lo que, demuestra la interacción fuerte entre estos factores.

Sin embargo dentro de la dosis 0 kg de cal, las frecuencias de riego todos los días (92,1 cm) y cada tres días (96,6 cm) resultaron estadísticamente similares entre si y mayores que las frecuencias cada cinco (76,3 cm) y siete días (73,7 cm) respectivamente. Dentro de la dosis 1.000 kg de cal es la frecuencia cada cinco días (88,1 cm) que resultó mayor estadísticamente que el resto de las frecuencias de riego seguida de las frecuencias cada tres días (75,4 cm) y todos los días (71,0 cm) y por último la frecuencia cada siete días (41,2 cm). De esta forma queda demostrada la fuerte interacción entre estos factores, pues una vez más existe un cruce en las líneas de respuesta de los cultivares cuando son tratados con riego y cal.

Diámetro (mm) del eje central

En el Cuadro 5 del apéndice se muestra los totales y promedios para esta variable mientras que el Cuadro 6 también del apéndice muestra el análisis de varianza evidenciándose la presencia de diferencias estadísticamente significativas para los factores cultivar y frecuencia de riego, no así para el factor dosis de cal y las interacciones. El Cuadro 8 muestra el análisis de promedio para el factor cultivar, donde se observa que los cultivares I-544 (7,47 mm), I-495 (7,46 mm) y I-561 (7,43 mm), I-457 (7,36 mm), I-557 (7,35 mm), I-572 (7,25 mm), I-492 (7,09 mm) Y I-582 (7,05 mm) resultaron estadísticamente similares entre sí y con mayor diámetro que los cultivares Tuy (6,90 mm) e I-548 (6,81 mm).

El Cuadro 9 muestra el análisis de promedios para el factor frecuencia de riego, siendo las plantas tratadas bajo las frecuencias C3D (7,67 mm) y TD (7,55 mm) las que mayor diámetro mostraron, resultando estadísticamente similares entre sí, seguidas de las plantas a las que se le aplicó el tratamiento que involucró riego cada cinco días (7,028 mm) y por último los tratamientos regados cada siete días (6,64 mm).

Numero de ejes laterales/planta

En el Cuadro 7 del apéndice se muestra los totales y promedios para esta variable mientras que el Cuadro 8 también del apéndice muestra el análisis de varianza evidenciándose la presencia de diferencias estadísticamente significativas para el factor frecuencia de riego. En el caso de los factores cultivar y dosis de cal y las interacciones, el análisis de variancia no encontró diferencias estadísticamente significativas. El análisis de promedios mostrado en el Cuadro 10, muestra que los cultivares mostraron mayor número de ejes en las frecuencias de todos los días (0,82 ejes/planta) y cada tres días 0,68 ejes /planta) siendo estas estadísticamente similares

entre sí y superiores a los tratamientos regadas con las frecuencias cada cinco días (0,45 ejes/planta) y cada siete días (0,34 ejes/planta) quienes no mostraron diferencias estadísticas entre sí.

Longitud (cm) de los ejes laterales

En el Cuadro 9 del apéndice se muestra los totales y promedios para esta variable mientras que el Cuadro 10 también del apéndice muestra el análisis de varianza, evidenciándose la presencia de diferencias estadísticamente significativas para la interacción de los tres factores (cultivar*frecuencia de riego*dosis de cal).

Cuadro 9. Análisis de promedios del diámetro (mm) del eje central de la planta, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor frecuencia de riego.

FRECUENCIA DE RIEGO	PROMEDIO (mm)	ÁMBITO *
TD	7,54	A
C3D	7,67	A
C5D	7,03	B
C7D	6,63	C

Prueba de medias según Duncan ($P<0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre frecuencias de riego.

Cuadro 10. Análisis de promedios del número de ejes laterales/planta, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor frecuencia de riego.

FRECUENCIA DE RIEGO	PROMEDIO	ÁMBITO *
TD	0,82	A
C3D	0,69	A
C5D	0,45	B
C7D	0,34	B

Prueba de medias según Duncan ($P<0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre frecuencias de riego.

El análisis de promedios que se presenta en el Cuadro 11 explica la interacción de los cultivares en las diferentes frecuencias de riego para cada uno de los niveles de cal aplicados. Así, en la dosis de 0 cal se puede notar que al regar todos los días la variedad I-457 mostró la mayor longitud, mientras que en la dosis de 1.000 Kg/ha de cal las variedades I-561, I-557, I-572, I-492 y I-582 mostraron las mayores longitudes. Al regar cada tres días, dentro del nivel de 0 Kg/ha de cal la variedad I-561 mostró la mayor longitud, mientras que con 1.000 Kg/ha de cal la I-557 mostró una de las menores longitudes y los cultivares Tuy, I-495, I-548, I-561, y I-492 mostraron las mayores longitudes. Al regar cada cinco días, dentro del nivel de 0 Kg/ha es la variedad I-492 la que muestra mayor longitud de los ejes por encima estadísticamente que el resto de las variedades, sin embargo dentro del nivel 1.000 kg de cal son las variedades I-544 e I-557 las que alcanzaron mayor longitud de los ejes, siendo las variedades I-548 e I-561 las que alcanzaron menor longitud, ésta última mostró ausencia de ejes. Dentro del nivel de 0 Kg/ha de cal, para la frecuencia de riego cada siete días, las variedades I-582 y Tuy registraron las mayores longitudes, siendo las variedades I-457 e I-548 las que mostraron las menores longitudes, ya dentro del nivel 1.000 kg de cal las variedades I-495; Tuy; I-561; I-492; I-557 e I-457 las que alcanzaron mayor longitud de los ejes que el resto de las variedades.

Al considerar las respuestas de los cultivares a través de los niveles de riego, dentro de cada dosis de cal, se puede notar que en el nivel de 0 Kg/ha de cal la variedad Tuy mostró mayor longitud al regar cada siete días, mientras con 1.000 Kg/ha de cal la misma variedad Tuy mostró mayores longitudes al regar cada tres y siete días. La I-495, con 0 Kg/ha de cal mostró mayor longitud al regar todos los días, mientras que con 1.000 Kg/ha de cal mostró mayor longitud al regar todos los días y cada tres días. La variedad I-548, con 0 Kg/ha de cal mostró mayor longitud al regar cada cinco días, mientras que con 1.000 Kg/ha de cal mostró mayor longitud al regar cada tres días. La variedad I-457 mostró mayor longitud de los ejes cuando fue regada todos los días y también dentro del nivel de 1.000 kg de cal mostró mayor longitud

cuando fue regada todos los días, cada tres días y cada siete días. Por otro lado, la variedad I-561 mostró mayor longitud de los ejes cuando se aplicó riego todos los días, cada tres y cinco días dentro del nivel 0 kg de cal, sin embargo dentro del nivel 1.000 kg de cal el mismo cultivar alcanzó mayor longitud cuando se aplicó riego solamente cada tres días. La variedad I-557 mostró mayor longitud de los ejes cuando fue regada cada tres días dentro del nivel 0 kg de cal mientras que dentro del nivel 1.000 kg de cal fue con riego cada cinco días. Al regar todos los días y cada tres días dentro del nivel 0 kg de cal fue donde la variedad I-572 mostró mayor longitud, igual comportamiento mostró dentro del nivel 1.000 kg de cal. De igual forma la variedad I-492 mostró mayor longitud de los ejes cuando fue regada todos los días, cada tres y siete días dentro del nivel 0 kg de cal, sin embargo, alcanzó las mayores longitudes cuando se regó todos los días y cada tres días dentro del nivel 1.000 kg de cal. Con riego de todos los días, cada tres y siete días dentro del nivel 0 kg de cal fue donde la variedad I-582 alcanzó las mayores longitudes, siendo en los riegos de todos los días y cada cinco días donde mayor longitud mostró la misma variedad dentro del nivel 1.000 kg de cal. La variedad I-544 mostró mayor longitud cuando fue regada todos los días dentro del nivel 0 kg de cal mientras que dentro del nivel 1.000 kg de cal la misma variedad obtuvo la mayor longitud cuando fue regada cada cinco días.

Cuadro 11. Análisis de promedios de la longitud (cm) de los ejes laterales de la planta, de 10 cultivares de frijol sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para la interacción cultivar*frecuencia de riego*dosis de cal.

DOSIS DE CAL (Kg/ha)	CULTIVARES	FRECUENCIAS DE RIEGO			
		TD	C3D	C5D	C7D
0	I-457	62,95 Aa	19,53 Cb	7,88 Dc	5,33 Cc
	I-492	38,25 Cb	7,45 Dc	45,25 Aa	11,13 BCc
	I-495	50,35 Ba	14,93 CDb	4,83 Dc	14,45 Bb
	I-544	22,65 Da	11,60 Cb	8,85 Db	14,83 Bb
	I-548	19,45 Db	7,60 Dc	34,00 Ba	1,88 Cc
	I-557	28,93 CDb	45,98 Aa	22,83 Cb	6,58 Cc
	I-561	33,55 CDa	30,85 Ba	34,08 Ba	6,90 Cb
	I-572	30,48 CDa	31,58 Ba	13,43 CDb	17,08 Bb
	I-582	25,40 Da	21,98 Ba	21,13 Cc	28,38 Aa
	Tuy	8,83 Ec	19,63 Cb	28,08 Ba	22,10 ABab
1.000	I-457	8,90 Ba	14,20 Ba	6,05 CDb	8,25 Aa
	I-492	20,10 Aa	15,70 ABa	5,88 CDb	9,13 Ab
	I-495	24,30 Aa	18,93 Aa	17,10 Bb	16,78 Ab
	I-544	6,50 Bb	12,95 Bb	42,38 Aa	0,40 Bc
	I-548	9,60 Bb	26,40 Aa	0,4*/ Dc	0,3 */Bc
	I-557	23,53 Ab	5,13 Bc	33,58 Aa	8,35 Ac
	I-561	12,98 ABb	21,00 Aa	0,4 */ Dc	9,95 Ab
	I-572	13,23 ABa	8,25 Ba	5,00 CDb	0,3 */ Bc
	I-582	19,50 Aa	6,78 Bb	15,08 Ca	1,53 Bb
	Tuy	6,08 Bb	20,58 Aa	26,75 Ba	14,48 Ab

Prueba de medias según Duncan ($P < 0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas; "ABC"). **: Comparación horizontal (minúsculas; "abc"). (*): Valor desierto debido a que las plantas en este tratamiento no presentaron ejes para ser medidos.

Materia (g) fresca parte aérea

En el Cuadro 11 del apéndice se muestra los totales y promedios para esta variable mientras que el Cuadro 12 también del apéndice muestra el análisis de varianza evidenciándose la presencia de diferencias estadísticamente significativas para el factor frecuencia de riego, no así para los factores cultivar y dosis de cal y las interacciones. En el Cuadro 12 se muestra el análisis de promedios del factor frecuencia de riego donde se observa que las frecuencias de todos los días (61,6 g) y cada tres días (58,9 g) se comportaron estadísticamente similar entre sí y desarrollaron mayor cantidad materia fresca en los cultivares que los tratamientos que recibieron otras frecuencias de riego. En el mismo orden, los tratamientos que recibieron riego cada cinco días (45,0 g) y cada siete días (34,8 g) resultaron estadísticamente diferentes entre sí y aportaron menor desarrollo de materia fresca que los tratamientos mencionados anteriormente.

Materia (g) fresca raíz

En el Cuadro 13 del apéndice se muestra los totales y promedios para esta variable mientras que el Cuadro 14 también del apéndice muestra el análisis de varianza el cual arrojó la presencia de diferencias estadísticamente significativas para los factores cultivar, frecuencia de riego y dosis de cal, no mostrando diferencias estadísticas las interacciones. Los cultivares I-572 (4,4 g), I-557 (4,2 g), I-582 (4,1 g), I-561 (4,1 g), I-544 (4,0 g) y I-492 (3,8 g) resultaron estadísticamente similares entre sí y mayor estadísticamente materia que los cultivares I-457 (3,4 g), Tuy (3,3 g), I-495 (3,3 g) y I-548 (3,2 g), de acuerdo con el análisis de promedios mostrado en el Cuadro 13. En el Cuadro 14 se muestra el análisis de promedios para el factor frecuencia de riego, donde se evidencia que los tratamientos que recibieron riego todos los días (5,0 g) mostraron mayor contenido de materia fresca de la raíz que el resto de los tratamientos seguidamente de los tratamientos que recibieron riego cada

tres días (4,3 g) y por últimos los tratamientos con frecuencias de riego cada cinco días (3,1 g) y cada siete días (2,7 g), quienes resultaron estadísticamente similares entre sí.

Por último el análisis de promedios para el factor dosis de cal, el cual se muestra en el Cuadro 15, donde se evidencia que los tratamientos donde se aplicó la dosis 1.000 Kg/Ha (4,3 g) se comportaron estadísticamente mayor que los tratamientos en los cuales no se le aplicó cal (3,3 g).

Materia (g) seca parte aérea

En el Cuadro 15 del apéndice se muestra los totales y promedios para esta variable mientras que el Cuadro 16 también del apéndice muestra el análisis de varianza evidenciándose la presencia de diferencias estadísticamente significativas para los factores frecuencia de riego y dosis de cal, no mostrando diferencias estadísticas las interacciones y el factor cultivar. El análisis de promedios descrito en el Cuadro 16 señala que los tratamientos que recibieron riego cada tres días (18,71 g) y todos los días (17,58 g), resultaron estadísticamente similares y con mayor contenido de materia seca en la parte aérea que el resto de los tratamientos. Por otro lado, los tratamientos que se regaron cada cinco días (13,21 g) y cada siete días (10,37 g) respectivamente, resultaron estadísticamente similares entre sí. El análisis de promedios del Cuadro 17 señala que la dosis de cal que mayor cantidad de materia seca aérea aportó a las plantas, se presentó en los tratamiento que no recibieron aplicación de cal (16,23 g), mientras que por su parte los tratamientos que recibieron la dosis 1.000 Kg/ha mostraron menor acumulación de materia seca en la parte aérea (13,70 g).

Cuadro 12. Análisis de promedios de la materia (g) fresca de la parte aérea, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor frecuencia de riego.

FRECUENCIA DE RIEGO	PROMEDIO (g)	ÁMBITO *
TD	61,6	A
C3D	58,9	A
C5D	45,0	B
C7D	34,8	C

Prueba de medias según Duncan ($P<0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre frecuencias de riego.

Cuadro 13. Análisis de promedios de la materia (g) fresca de la raíz, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor cultivar.

CULTIVAR	PROMEDIO (g)	ÁMBITO *
I-457	3,4	BC
I-492	3,8	ABC
I-495	3,3	BC
I-544	3,4	ABC
I-548	3,2	C
I-557	4,2	AB
I-561	4,1	ABC
I-572	4,4	A
I-582	4,1	ABC
TUY	3,3	BC

Prueba de medias según Duncan ($P<0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre cultivares.

Cuadro 14. Análisis de promedios de la materia (g) fresca de la raíz, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor frecuencia de riego.

Frecuencia de riego	PROMEDIO (g)	ÁMBITO *
TD	5,0	A
C3D	4,3	B
C5D	3,1	C
C7D	2,7	C

Prueba de medias según Duncan ($P<0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre frecuencias de riego.

Cuadro 15. Análisis de promedios de la materia (g) fresca de la raíz, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor dosis de cal.

DOSIS DE CAL Kg/ha	PROMEDIO (g)	ÁMBITO *
0	3,28	B
1.000	4,27	A

Prueba de medias según Duncan ($P<0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre dosis de cal.

Cuadro 16. Análisis de promedios de la materia (g) seca de la parte aérea, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor frecuencia de riego.

FRECUENCIA DE RIEGO	PROMEDIO (g)	ÁMBITO *
TD	17,6	A
C3D	18,7	A
C5D	13,2	B
C7D	10,4	B

Prueba de medias según Duncan ($P<0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre frecuencias de riego.

Cuadro 17. Análisis de promedios de la materia (g) seca de la parte aérea, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor dosis de cal.

DOSIS DE CAL Kg/ha	PROMEDIO (g)	ÁMBITO *
0	16,2	A
1.000	13,7	B

Prueba de medias según Duncan ($P<0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre dosis de cal.

Materia (g) seca raíz

En el Cuadro 17 del apéndice se muestra los totales y promedios para esta variable mientras que el Cuadro 18 también del apéndice muestra el análisis de varianza evidenciándose la presencia de diferencias estadísticamente significativas para los tres factores por separado, no mostrando diferencias estadísticas las

interacciones. El análisis de promedios (Cuadro 18) señala que los cultivares I-561 (1,6 g), I-557 (1,6 g), I-582 (1,6 g), I-572 (1,5 g), I-544 (1,4 g) y I-492 (1,4 g) resultaron estadísticamente similares entre sí pero solo el cultivar I-561 resultó con mayor acumulación de materia seca radical que los cultivares I-457 (1,3 g); I-548 (1,2 g), Tuy (1,2 g) y I-495 (1,2 g) de acuerdo con el análisis realizado. El análisis de promedios mostrado en el Cuadro 19, revela que los tratamientos que recibieron riego todos los días (1,78 g) acumularon mayor contenido de materia seca en la raíz que el resto de los tratamientos seguido de los tratamientos tratados con las frecuencia de riego cada tres días (1,51 g) y sucesivamente los tratamientos que involucraron riego cada cinco días (1,24 g) y cada siete días (1,03 g).

El análisis de promedios mostrado en el Cuadro 20, refleja que los tratamientos que mayor acumulación de materia seca radical mostraron fueron los que recibieron la dosis de 1.000 Kg/Ha (1,48 g), seguidos de la dosis 0 cal (1,30 g), al contrario de la variable aérea donde la dosis 1.000 Kg/Ha mostró menos materia seca que la dosis 0 kg de cal.

Cuadro 18. Análisis de promedios de la materia (g) seca de la raíz, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor cultivar.

CULTIVAR	PROMEDIO (g)	ÁMBITO *
I-457	1,3	BC
I-492	1,4	ABC
I-495	1,2	C
I-544	1,4	ABC
I-548	1,2	C
I-557	1,6	AB
I-561	1,6	A
I-572	1,5	ABC
I-582	1,5	AB
TUY	1,2	C

Prueba de medias según Duncan ($P < 0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre cultivares.

Cuadro 19. Análisis de promedios de la materia (g) seca de la raíz, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor frecuencia de riego.

Frecuencia de riego	PROMEDIO (g)	ÁMBITO *
TD	1,78	A
C3D	1,51	B
C5D	1,24	C
C7D	1,03	D

Prueba de medias según Duncan ($P<0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre frecuencias de riego.

Cuadro 20. Análisis de promedios de la materia (g) seca de la raíz, de 10 cultivares de frijol, sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal para el factor dosis de cal.

DOSIS DE CAL Kg/ha	PROMEDIO (g)	ÁMBITO *
0	1,30	B
1.000	1,48	A

Prueba de medias según Duncan ($P<0,05$). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. *: Comparación vertical (mayúsculas): entre dosis de cal.

DISCUSIÓN

El régimen de precipitación condiciona en gran medida el desarrollo vegetativo del cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.), en este experimento se pretendió conocer la resistencia de 10 cultivares a la escasez de agua, aplicando cuatro frecuencias de riego, al mismo tiempo que se probaron los cultivares en condiciones de suelo natural y después de haber encalado con 1.000 Kg/ha de cal agrícola. Valladares 1990, reportó que algunos cultivares de frijol resisten a condiciones de 160 mm de agua durante todo el ciclo, dependiendo de la condición de acidez de los suelos y el contenido de aluminio intercambiable en el mismo. Está limitada cantidad de agua puede ser tolerable o no dependiendo del genotipo y otros factores como acidez, alcalinidad y presencia de aluminio como ya se mencionó, de allí que este experimento contempló la combinación de diferentes frecuencias de riego y dosis de cal con 10 cultivares. De acuerdo con Fassbender, (1982); citado por Jaramillo, (2002), suelos con pH entre 4,5 y 5,0 sugieren la presencia de altos niveles de aluminio intercambiable que afectan directamente el desarrollo radical y la absorción de los elementos calcio, fósforo, potasio, magnesio y nitrógeno por citar algunos, este último aportado por simbiosis planta-rizobium, sin embargo el suelo utilizado en este experimento mostró en condición natural un pH de 4,91 y una saturación de Al^{+3} de 23,14% que no se considera tóxica para las plantas según los mismos autores. Los elementos ya mencionados, forman parte fundamental en desarrollo óptimo de la planta, en la calidad de fruto y llenado de granos (Walston; 1997). De allí la necesidad del encalado, para neutralizar el efecto del aluminio intercambiable a la vez de aportar calcio al suelo para que esté disponible para las plantas. Sin embargo, parece que esa cantidad de aluminio afectó poco el desarrollo de algunos caracteres de las variedades de frijol. Solamente en peso de raíz se pudo notar mejor comportamiento con 1000 kg de cal.

El porte de la planta de los cultivares estudiados fue de poco uso para calificar diferencias entre los cultivares hasta la fecha evaluada. De acuerdo a la escala de clasificación propuesta por el IBPGR para este tipo de evaluaciones, todos los cultivares evaluados, presentaron porte erecto lo que es una ventaja para la mecanización del cultivo. Las plantas con porte erecto son de mejor manejabilidad a la hora de realizar prácticas agronómicas dentro de la que se destaca la cosecha mecanizada Hernández (2010), Luna (1996), Valladares (1990), Obando (1989).

En general los cultivares mostraron mayor altura aparente en la dosis 0 kg de cal indistintamente de la frecuencia de riego, excepto cuando fueron regados cada tres días en cuyo tratamiento no existió diferencias estadísticas en las plantas con las dosis 0 kg y 1.000 kg. De tal manera, que mucha agua con exceso de cal afecta la elongación de las plantas, pero al regar cada tres días hay agua apropiada para las plantas sobreponerse al exceso de cal aplicado con la dosis de 1.000 Kg/ha, mientras que a los cinco días en adelante el agua se hace limitante ante ese nivel de cal y entonces las plantas comienzan a sentir el efecto del exceso de calcio. El coeficiente de variación fue 20,44%, lo que demuestra poca variabilidad dentro de cada unidad experimental siendo la altura un carácter cuantitativo altamente influenciado por el ambiente.

Por otro lado, los cultivares mostraron mayor altura aparente cuando fueron regados todos los días y cada tres días para el nivel 0 kg de cal, seguidos de los niveles cada cinco y siete días, sin embargo dentro del nivel 1.000 kg de cal los cultivares mostraron una respuesta similar estadísticamente en las frecuencias de todos los días y tres días seguidas del nivel cada cinco días y por último el nivel cada siete días. El hecho de que los cultivares crecieran más con la dosis 0 kg de cal se puede explicar en función de que el suelo utilizado presentaba 60,3% de saturación de calcio en forma natural, indicando que este suelo ya había sido encalado y cultivado y ya había ocurrido alguna corrección de pH y contenido de aluminio en el suelo, lo

que permitió una mayor elongación sin aplicar cal. Se puede apreciar que al aplicar 1.000 kg/ha de cal la saturación de calcio aumentó a 78,2%, con lo que se puede argumentar y lo explica Jaramillo (2002), que se creó un desequilibrio Ca:Mg y por lo tanto las plantas tendieron a crecer menos. Suelos cultivados durante varios años agotan el magnesio y si no se hacen aplicaciones de este elemento como es lo que está ocurriendo porque no se dispone del fertilizante respectivo, no se restituyen las cantidades agotadas, quedando poco magnesio en el suelo y al aplicar más cal produce el desbalance indicado. Böll y Nakagawa (1995) estudiaron el efecto de las variaciones en las relaciones de Ca:Mg en la producción y absorción de nutrientes en ajo (*Alium sativum* L.) y encontraron que la relación de Ca:Mg afectó la producción solamente cuando fue muy desbalanceada tal como ocurrió en este experimento donde del 100% de la CIC el calcio ocupó 78% cuando el suelo fue encalado. Silva (1980), quien condujo una investigación con el propósito de hallar un buen balance entre Ca^{+2} y Mg^{+2} para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la región de Cerrado (Brasil), encontró que las plantas respondieron positivamente bajo las relaciones Ca:Mg, donde el calcio era más alto por encima del 63% y 70.

Para la longitud del eje central, los cultivares en general mostraron mayor longitud del eje central cuando fueron regados todos los días; cada tres días en ausencia de cal. Sin embargo la interacción entre riego y cal permitió que dentro del nivel 1.000 kg de cal se en la frecuencia de cada cinco días donde los cultivares presentaron mayor longitud del eje. Lo que sugiere que mientras exista presencia de agua en el suelo el nivel de acidez del mismo parece ser irrelevante como para afectar la elongación del cultivo, este hecho se comprueba al observar que los mismos cultivares mostraron mayor longitud del eje cuando fueron regados cada cinco días pero en presencia del nivel 1.000 kg de cal. Hernández (2010) trabajando en época de lluvias de norte-verano en la localidad de Santa Bárbara, estado Monagas, probó que los cultivares evaluados no mostraron diferencias estadísticamente significativas para la longitud del eje central ($95,5 \pm 15,80$ cm) en un suelo que había sido encalado con

1.000 kg de cal no siendo este factor objetivo principal de su estudio, por otro lado Luna (1996) (56,92 cm a 119,85 cm), Medina (1987) (53,6 cm a 85,5 cm), Linares (1993) (28,3 cm a 77,0 cm), obtuvieron resultados similares bajo las mismas condiciones. El coeficiente de variación fue 39,98% representando este la existencia dentro de cada unidad experimental pese a los esfuerzos realizados por disminuir la variación (se colocaron 6 plantas por unidad experimental). Es conocido que este valor es altamente influenciado por el ambiente de acuerdo con lo reportado por los autores ya mencionados.

El diámetro (mm) del tallo de los cultivares evaluados mostró que solo los cultivares Tuy (6,9031 mm) y I-548 (6,8125 mm) respectivamente, presentaron valores por debajo de los siete milímetros como lo mostraron el resto de los cultivares evaluados. De acuerdo con Valladares (1990), Hernández (2010) y Duran (2010), el valor óptimo para el diámetro del tallo estaría entre 8 y 10 mm, pues de esta forma la planta al momento de llenado de fruto o lluvias fuerte, mantendría su estructura y no se volcaría provocando pérdidas por pudrición de frutos. De esta forma los cultivares se comportaron mejor en este ensayo cuando fueron regados cada tres días (7,6712 mm) y todos los días (7,5450 mm). Estos resultados muestran similitud con los obtenidos por Hernández (1988) ($7,4 \pm 0,252$ mm); Obando (1989) ($8,1 \pm 0,36$ mm); Luna (1996) (6,5 mm a 8,6 mm), sin embargo quedan por debajo de los obtenidos por Medina (1987) (8,8 mm a 12,0 mm). El coeficiente de variación obtenido fue 12,24% indicando esto poca variación dentro de cada unidad experimental.

Los cultivares mostraron mayor número de ejes laterales/planta cuando fueron regados todos los días (0,8175 ejes/planta) y cada tres días (0,6825 ejes/planta) respecto del resto de las frecuencias de riego, esto pudo deberse a que por tener mayor disponibilidad de agua los cultivares mostraron mayor desarrollo vegetativo bajo las frecuencias de riego mencionadas, también se puede inferir que la baja producción de ejes de acuerdo con lo obtenido por Hernández (2010) ($3,5 \pm 0,7$ ejes/planta); Salazar

(1987) ($3,8 \pm 0,2$ ejes/planta); Medina (1987) ($10,3 \pm 0,48$ ejes/plantas) y Hernández (1988) ($3,8 \pm 0,2$ ejes/planta) se vio afectado por el hecho de que los cultivares no habían terminado su desarrollo vegetativo al momento de realizar las evaluaciones (45 dds) puesto aún se encontraban emitiendo los ejes laterales. Otro factor que pudo haber influenciado es el hecho de que la densidad poblacional utilizada en este experimento (200.000 plantas/ha) fue superior a la reportada (133.333 y 160.000 plantas/ha) por los autores ya mencionados. El coeficiente de variación fue 122,88% mostrando esta variable altísima variación, previendo este hecho se colocaron seis plantas dentro de cada unidad experimental para intentar disminuir la variación dentro de cada unidad experimental basados en que al ser este un carácter cuantitativo, el ambiente tiende a impactar mucho sobre él, Hernández (2010) reportó un coeficiente de variación de 32,82% pero en esa oportunidad el tamaño de la unidad experimental era de 250 para seleccionar 10 al azar dentro de cada unidad experimental.

En la dosis 0 kg de cal, seis de los cultivares evaluados mostraron mayor longitud de los ejes cuando fueron regados todos los días, para el nivel de riego cada tres días fueron cuatro cultivares los que alcanzaron mayor longitud de los ejes mostrando estos similitud estadística cuando fueron regados todos los días (I-561; I-557; I-572; I-582). Para la frecuencia de riego cada cinco días fueron cuatro los cultivares que mostraron mayor longitud de los ejes pero solo el cultivar I-561 mostró similitud estadística dentro de las frecuencias de todos los días y cada tres días. Solo dos cultivares (Tuy; I-582) mostraron mayor longitud de los ejes dentro de la frecuencia cada siete días mostrando Tuy similar comportamiento estadístico en la frecuencia de cada cinco días y el cultivar I-582 resultó estadísticamente similar cuando fue regado todos los días, cada tres y siete días como ya se mencionó. Este hecho demuestra primordialmente el hecho de que es necesario regar constantemente, sin embargo también resalta la capacidad de resistir estrés hídrico de los cultivares Tuy; I-548; I-561 e I-492 que mostraron mayor longitud de los ejes cuando fueron regados cada cinco días, de igual forma el cultivar Tuy mostró similitud estadística

cuando fue regado cada siete días remarcando su capacidad genética de resistir condiciones de déficit de agua al igual que el cultivar I-582.

Dentro del nivel 1.000 kg de cal para la frecuencia de riego todos los días cinco de los 10 cultivares evaluados se mostraron mayor estadísticamente para la longitud de los ejes, mostrando los cultivares I-457; I-492; I-495 e I-572, igual comportamiento dentro de la dosis 0 kg de cal, por otro lado dentro de la frecuencia de riego cada tres días son siete los cultivares que alcanzaron mayor longitud de los ejes mostrando los cultivares I-561 e I-572 similar comportamiento estadístico cuando no se les aplicó cal, además los cultivares I-457; I-492 e I-495 mostraron igual comportamiento estadístico cuando fueron regados todos los días. Dentro del nivel de riego cada cinco días son cuatro los cultivares que mostraron mayor longitud de los ejes estadísticamente obteniendo el cultivar Tuy similar comportamiento cuando fue regado cada tres días y dentro de la dosis 0 kg de cal, así mismo el cultivar I-582 alcanzó mayor longitud estadística de los ejes bajo esta frecuencia de riego y cuando fue regado todos los días. En el mismo orden el cultivar I-457 fue el que mostró mayor longitud de los ejes cuando fue regado cada siete días. Destacado es el hecho de que el cultivar Tuy alcanzara mayores longitudes de los ejes tanto dentro del nivel de cal 0 kg así como dentro de nivel 1.000 kg/ha dentro de la frecuencia de riego cada cinco días demostrando la alta capacidad de adaptación de éste a condiciones adversas de acidez de suelo y falta de agua. El coeficiente de variación para esta variable fue de 118,39 %, resaltando la alta variación dentro de la unidad experimental, aun así las diferencias mostradas por los tratamientos son mínimas. Esto sugiere que esta variable es altamente influenciada por el ambiente. Hernández (2010) reportó un coeficiente de variación para esta variable de 38,16 % pero en ese caso el tamaño de la unidad experimental era de 250 para seleccionar 10 al azar dentro de cada unidad experimental como ya se dijo anteriormente.

Indiferentemente la dosis de cal aplicada, en este experimento los cultivares solo mostraron diferencias estadísticamente significativas para el factor riego, siendo el contenido de materia fresca de la parte aérea mayor cuando los cultivares fueron regados todos los días y cada tres días como era de esperarse, puesto que a mayor humedad en suelo mayor debería ser la cantidad de agua absorbida por el cultivo y mayor debía ser el desarrollo vegetativo. Estos resultados difieren con los reportados por Ávila *et al.*, (2005), quienes trabajando en caracterización y obtención de funciones para producción de biomasa en cinco cultivares de frijol reportaron valores comprendidos entre 76,4 g y 96, 7 g de materia fresca aérea por planta. Estas diferencias pueden estar relacionadas a que en este experimento las plantas solo contaban con 45 dds y en el ensayo de Ávila *et al.*, las plantas fueron cosechadas a la madurez comercial. El coeficiente de variación fue 42,79 % significando este valor un poco de variación dentro de las unidades experimentales aun cuando las diferencias entre los diferentes niveles de cada factor.

En relación a la acumulación de materia fresca en la raíz, en este ensayo los cultivares alcanzaron acumular valores entre 3,3 g y 4,2 g, estos resultados se asemejan a los obtenidos por Ávila *et al.* (2005), quienes reportaron valores entre 4,3 g y 7,3 g/raíz. Como ya se mencionó con anterioridad este experimento se desmontó la los 45 dds por precipitaciones que podían enmascarar los resultados y con todo esto, los resultados son promisorios, demostrando esto la necesidad de riego constante y la buena adaptabilidad del cultivo a condiciones adversas. El coeficiente de variación obtenido fue 45,80 %, manteniendo el mismo nivel de variación intra-unidad experimental que la variable materia fresca de la parte aérea.

Con relación a la acumulación de materia seca en la parte aérea, este ensayo mostró resultados promisorios cuando fueron regados los cultivares todos los días (18, 7 g) y cada tres días (17,6 g), esto en relación a lo obtenido por Avila *et al.* (2005), quienes obtuvieron valores entre 11,6 g y 17,8 g, siendo las plantas en este

último, cosechadas a madurez comercial bajo condiciones hídricas y de suelo óptimas. El coeficiente de variación resultante fue 66,69 %.

En este ensayo los cultivares mostraron ser eficientes en cuanto a la acumulación de materia seca en la raíz, estando todos los cultivares en un rango que va desde los 1,2 g a 1,6 g/raíz, valores que son considerablemente aceptables cuando son comparados con lo obtenido por Ávila *et al.* (2005), quienes reportan valores entre 0,9 g y 2,2 g/raíz, siendo este último ensayo establecido en condiciones óptimas de desarrollo de los cultivares evaluados a la vez que fueron cosechados a madurez comercial. El coeficiente de variación obtenido fue 41,34 %.

CONCLUSIONES

1. El comportamiento de los cultivares evaluados se describe a continuación:

1.1. Todos los cultivares evaluados mostraron porte erecto. Así mismo la altura (cm) aparente reflejó interacción entre los factores frecuencia de riego*dosis de cal, así que los cultivares mostraron mayor altura aparente cuando fueron regados todos los días y cada tres días dentro de la dosis 0 kg de cal al igual que dentro del nivel 1.000 kg de cal. Para el diámetro del eje central los cultivares I-457; I-492; I-495; I-544; I-557; I-561; I-572 e I-582 mostraron mayor diámetro del eje y con las frecuencias de todos los días y cada tres días los cultivares mostraron mayor diámetro de tallo.

1.2. Para el número de ejes laterales con las frecuencias todos los días y cada tres días los cultivares mostraron mayor cantidad. La longitud de los ejes laterales fue afectada por la interacción entre los tres factores bajo estudio. Para el nivel 0 kg de cal, el cultivar I-457 mostró su mejor comportamiento cuando fue regado todos los días, así mismo el cultivar I-492 mostró mayor longitud de los ejes cuando fue regado cada cinco días, los cultivares I-495; I-544, el cultivar I-548 cuando se regó cada cinco días, el cultivar I-557 cuando se regó cada tres días, el cultivar I-561 no mostró diferencias estadística cuando se regó todos los días, cada tres y cinco días, el cultivar I-572 mostró mayor longitud de los ejes cuando se regó todos los días y cada tres días, el cultivar I-582 todos los días, cada tres y siete días y el cultivar Tuy alcanzó mayor longitud cuando se regó cada cinco y siete días.

1.3. Así mismo para el nivel 1.000 kg de cal los cultivares mostraron mayor longitud de los ejes cuando fueron regados todos los días, cinco y siete días (I-457), todos los días y cada tres días (I-492; I-495), cada cinco días (I-544), cada tres días (I-548), cada cinco días (I-557), cada tres días (I-561), todos los días y

cada tres días (I-572), todos los días y cada cinco días (I-582) y el cultivar Tuy alcanzó mayor longitud de los eje cuando se regó cada tres y cinco días. Los cultivares alcanzaron mayor acumulación de materia fresca en la parte aérea cuando fueron regados todos los días y cada tres días, sin embargo los cultivares evaluados mostraron diferencias estadísticas para los factores frecuencia de riego y dosis de cal en la variable materia seca de la parte aérea, alcanzando los cultivares mayor acumulación de materia seca aérea cuando se regaron todos los días y cada tres días, así mismo dentro del nivel 0 kg de cal donde se alcanzó la mayor acumulación de materia seca.

1.4. Los cultivares I-492; I-544; I-557; I-561; I-572 e I-582, consiguieron acumular mayor cantidad de materia fresca en la raíz por encima del resto de los cultivares evaluados. Sin embargo solo fue dentro del nivel de riego de todos los días donde los cultivares en general acumularon mayor cantidad de materia fresca radical, por otro lado los cultivares mostraron mayor cantidad de la misma cuando fueron sometidos al nivel de cal de 1.000 kg. Para la variable materia seca radical se obtuvo similar comportamiento estadístico de los cultivares ya mencionado, siendo estos los que mayor cantidad de materia seca radical alcanzaron, de igual forma ocurrió dentro del factor frecuencia de riego donde los cultivares obtuvieron su mayor contenido de materia seca bajo riego todos los días, cabe destacar que para el factor dosis de cal el comportamiento de los cultivares similar al obtenido en la materia fresca radical, donde el nivel 1.000 kg de cal permitió mayor acumulación de materia seca radical a los cultivares.

2. En general los cultivares mostraron mayor desarrollo cuando fueron regados todos los días y cada tres días, sin embargo cabe destacar que en el caso de la longitud del eje central, los cultivares obtuvieron su mayor respuesta cuando fueron regados cada cinco días.

3. Los cultivares evaluados obtuvieron mayor cantidad de materia fresca de la raíz, materia seca de la parte aérea bajo el nivel 0 kg de cal, sin embargo el mayor contenido de materia seca radical se obtuvo cuando los cultivares fueron tratados con el nivel 1.000 kg/ha de cal.

4. Solo se obtuvo diferencias significativas para las interacciones en las variables altura aparente, longitud del eje central (frecuencia de riego*dosis de cal) y longitud de los ejes laterales (cultivar*frecuencia de riego*dosis de cal).

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento es necesario que se continúe la investigación en condiciones de invernadero cubierto o en su defecto en la época de siembra correcta (sequía) para así asegurar que los cultivares terminen sus ciclo y se pueda llegar a madurez comercial y así tener una estimación real del comportamiento agronómico de los cultivares cuando son tratados bajo estas condiciones de riego y dosis de cal.

Realizar investigaciones aplicaciones excesivas de cal para conocer a cabalidad cual es la respuesta anatómico de la plantas para poder dar respuesta contundente al hecho de que la plantas crecieron más cuando no se colocó cal.

De igual forma probar con otros cultivares o líneas experimentales disponibles en el país, bajo los mismos tratamientos. De esta forma se tendría información valiosa del comportamiento del cultivo de frijol bajo condiciones de estrés abiótico causado por aluminio y falta de agua.

Evaluar el magnesio en los análisis de suelos para precisar las relaciones Ca-Mg.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, R. 1995. Medición gravimétrica de la evapotranspiración y desarrollo de cuatro líneas experimentales de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp). Trabajo de Grado para Magister Scientiarum. Maturín, Venezuela. Universidad de Oriente, Centro de Postgrado en Agricultura Tropical. 115 pp.
- ACCUWEATHER, 2017. BOLETIN CLIMATICO, VENEZUELA, MATURIN. [Documento en línea]. Disponible en: www.accuweather.com/es/ve/maturin/355082/may-weather/355082?monyr=5/1/2016&view=table.
- AVILA, N.; MURILLO, B.; PALACIOS, A.; TROYO, E.; GARCIA, J.; LARRINAGA, J.; MELLADO, M. 2005. Caracterización y obtención de funciones para producción de biomasa en cinco cultivares de frijol yorimón: I. Método destructivo. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/613/61343315.pdf>. Última visita 30/10/2017.
- ALEMÁN, F.; NIEVES-C., M.; MARTINEZ, V.; RUBIO, F. 2009. Potassium/sodium steady- state homeostasis in *Thellungiella halophila* and *Arabidopsis thaliana* under long-term salinity conditions. *Plant Science*, 176: 768–774.
- ALLARD, R. W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Trad. Por José Montoya. Barcelona (España). Omega. 498 pp.
- BARBER, S.A. 1995. Soil nutrient bioavailability; a mechanistic approach. John Wiley y Sons. New York. 414 p.
- BEAR, F. E.; TOTH, S.J. 1948. Influence of Ca on availability of other soil cations. *Soil Sci.*, 65:69–75.
- BÖLL L, T.; NAKAGAWA, J. 1995. Desenvolvimento, produção de bulbos e absorção de nutrientes na cultura do alho vernalizado em função de relações cálcio:magnésio no solo. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas; 19:409–415.
- CAUPÍ. 2006. [Documento en línea]. Disponible en: wikipedia.org/wiki/Cowpea. Última visita 08/09/2017.

- CGIAR. 1983. Consultative Group on International Agriculture Research. [Documento en línea]. Disponible en: IBPGR SECRETARIAT. Roma, 1983. Última visita 08/09/2016.
- COHRAN, W. and COX, G. 1957. Experimental designs. Second edition. New York (USA). John Wiley. 611 pp.
- DAVIS, D., OELKE, E., OPLINGER, E., DOLL, J., HANSON, C., PUTNAM, D. 1991. Alternative Field Crops Manual. [Documento en línea]. Disponible en: hort.purdue.edu/newcrop/afcm/cowpea.html. Última visita 08/09/2016.
- DEFELIPO B, V.; BRAGA J. M. 1983. Influencia da calagem e fontes de potássio na adsorção de potássio em latossolos em Minas Gerais. *Revi. Bras. Ci. Solo.* 7:119–122.
- DIAZ M., C. 2006. Efecto del encalamiento sobre el crecimiento de las plantas de café en la etapa de almácigo. Tesis: Ingeniera Agrónoma. Manizales (Colombia), Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- DING, Y., LUO, W.; XU, G. 2006. Characterisation of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. *Ann. Appl. Biol.* 149:111–123.
- DURAN, E. 2010. Evaluación agronómica, morfológica y de pureza fenotípica del desarrollo reproductivo de 19 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), desarrollados en Santa Bárbara, estado Monagas, de septiembre a diciembre de 2008. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Maturín, estado Monagas, Venezuela. Universidad de oriente, Escuela de ingeniería Agronómica. 110 pp.
- FAO. 2016. Soil_moisture.ppt.. [Documento en línea]. Disponible en línea en: http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sm/sm_pres.pdf. Última visita: 11/12/2017.
- FONSECA J. A. DA; MEURER E. J. 1997. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 21:47–50.
- HAVLIN, J. L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management. 6. ed. Upper Saddle River (Estados Unidos), Prentice Hall. 499 p.

- HENAO T., M. C.; DELVAUX, B. 1998. Propiedades de intercambio K–Mg en suelos derivados de materiales volcánicos de la zona cafetera central de Colombia. *Cenicafé (Colombia)* 49(2):136– 150.
- HERNÁNDEZ, M. 2010. Evaluación agronómica, morfológica y de pureza fenotípica del desarrollo vegetativo de 19 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), desarrollados en Santa Bárbara, estado Monagas, de septiembre a diciembre de 2008. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Maturín, estado Monagas, Venezuela. Universidad de oriente, Escuela de ingeniería Agronómica. 110 pp.
- HERNÁNDEZ, M.; VALLADARES N. 2012. Evaluación agronómica, morfológica y de pureza fenotípica del desarrollo vegetativo de 19 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), desarrollados en Santa Bárbara, estado Monagas, de septiembre a diciembre de 2008. [Documento en línea]. Disponible en línea en: [www. Dialnet-EvaluacionDelDesarrolloVegetativoDe19CultivaresDeF-4689045%20\(1\).pdf](http://www.Dialnet-EvaluacionDelDesarrolloVegetativoDe19CultivaresDeF-4689045%20(1).pdf)
- HERNÁNDEZ, A. 1988. Evaluación Agronómica de líneas avanzadas provenientes de selecciones individuales del frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp) Tejero Criollo (grupo I), en la época de lluvias de Norte 1986-87, en la sabana de Jusepín. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Jusepín, Estado Monagas, Venezuela. Universidad de oriente, Escuela de ingeniería Agronómica. 98 pp.
- IITA. 2007. Caupí. [Documento en línea]. Disponible en: iita.org/cms/details/cowpea. Última visita 08/09/2008.
- INTA. 2016. Conocer la humedad del suelo. [Documento en línea]. Disponible en: <https://inta.gob.ar/noticias/conocer-la-humedad-del-suelo>. Última visita 12/12/2008.
- INIA. 2009. Datos Climatológicos. San Agustín, Estado Monagas, Venezuela.
- IBÁÑEZ, J. 2006. Agua de Infiltración, Agua Gravitacional y Agua Retenida. [Documento en línea]. Disponible en línea en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/05/17/23216>. Última visita: 25/11/2017.

- IBÁÑEZ, J. 2006. Niveles de Humedad del Suelo y Agua disponible. [Documento en línea]. Disponible en línea en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/06/26/33002>. Última visita: 25/11/2017.
- JARAMILLO, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Primera edición. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. pp 598.
- JARVAN, M. 2004. Available plant nutrients in growth substrate depending on various lime materials used for neutralising bog peat. *Agronomy Research*. 2(1):29–37.
- JIMÉNEZ U., F. J. 2005. Dinámica y disponibilidad de potasio en suelos Andisoles e Inceptisoles dedicados al cultivo de la papa en el altiplano cundiboyacense. Tesis Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía, Posgrado en Suelos Bogotá, D.C.
- LANDIS, T. D.; TINUS, R. W. y BARNETT, J. P. (1998). The container Tree Nursery Manual. Volume 6, Seedling propagation. Agricultural Handbook. 674. USDA Forest Service, Washington, DC.
- LARCHER, W. 2003. Physiological plant ecology; Ecophysiology and stress physiology of functional groups. Fourth edition. Springer. 513 p.
- LEÓN, O; TORREALBA, G.; HIGUERA A.; REINA, Y.; SÁEZ, T. 2013. Evaluación agronómica y participativa de cultivares de frijol [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. [Documento en línea]. Disponible en línea en: <http://www.bioline.org.br/pdf?cg13003>. Última visita: 02/12/2017.
- LEVITT, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses. I. Chilling, freezing, and high temperature stresses. Academic Press, New York. 497 pp.
- LIEBHARDT, W. C. 1981. The basic cation saturation ratio concept and lime and potassium recommendations on Delaware's Coastal Plain soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:544–459.
- LINARES, G. 1993. Evaluación agronómica de 50 líneas F₁ de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.), provenientes del cruce de las líneas A-4 * M-28-6-6, en la sabana de Jusepín, en lluvias de Norte 1991-1992. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Jusepín, Venezuela. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. 99 pp.

- LOPERA, W. V.; MARTEL, Y. A.; CESCAS M. P. 1979. Onion response to lime on acid histosols as affected as Ca/Mg ratios. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:1172–1177.
- LUNA, M. 1996. Evaluación agronómica de 12 líneas F₉ de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.), provenientes del cruce de las líneas experimentales T.C.-9-6 x TVX-3871-02F en la sabana de Jusepín, en lluvias de Norte 1994-1995. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Jusepín, Venezuela. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. 105 pp.
- MARCANO, A. 1984. Distribuciones simétricas y asimétricas de siembra y poblaciones de plantas en frijol tipo mantuano (*Vigna unguiculata* [L.] Walp), en época de lluvias de Norte en la sabana de Jusepín. Trabajo de grado para Ingeniero Agrónomo. Jusepín, Venezuela. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. 98 pp.
- MARSCHNER, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press, London. 889 p.
- Mc LEAN, E. O.; CARBONELL, M. D. 1972. Calcium, Magnesium and potassium saturation in tow soils and their effects upon yield and nutrient contents of German Millet and Alfalfa. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36:927–930.
- MEDINA, M. 1987. Comportamiento agronómico de progenies de selecciones individuales de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) en la sabana de Jusepín, en lluvias de invierno. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Jusepín, Venezuela. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. 63 pp.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. 2000. Principios de nutrición vegetal. Traducción al español de la 4a edición (1987). Internacional Potash Institute. Basel, Switzerland. 692 p.
- MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. 1993. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. *R. Bras. Ci. Solo. Campinas*, 17:377–382.
- MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. DE; EVANGELISTA, A. R. 2005. Calcium and magnesium ratio in the fertility of a dystrophic dark red latosol cultivated with alfalfa. *Ciencia e Agrotecnologia*. 29(4):786–794.

- MUCHOVEJ, R. M. C.; BORGES, A. C. NOVAIS, R. F.; THIEBAUT, J. T. L. 1986. Effect of liming levels and Ca:Mg ratios on yield, nitrogen content and nodulation of soybeans grown in acid Cerrado soil. *Journal of soil science*. 37: 235–240.
- NAVARRO B., S.; NAVARRO G., G. 2003. Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Segunda edición. Ediciones Mundi–Prensa, Madrid. 487 p.
- NÉMETH, K.; MENGEL, K.; GRIMME H. 1970. The concentration of K, Ca and Mg in the saturation extract in relation to exchangeable K, Ca and Mg. *Soil Sci. Baltimore*, 109(3):179–185.
- NIEVES, C.; MARTINEZ C.; A.; MARTINEZ, F.; RUBIO, F. 2007. An NH₄ sensitive component dominates high-affinity K⁺ uptake in tomato plants. *Plant Science*, 172, 273–280.
- OBANDO, M. 1989. Evaluación Agronómica de líneas avanzadas provenientes de selecciones individuales del frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp) “Tejero Criollo” (grupo I), en la sabana de Jusepín, en la época de lluvias-1987. Trabajo de grado para Ingeniero Agrónomo. Jusepín, Venezuela. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. 90 pp.
- OLIVEIRA A., F. DE; CARMELLO Q., A. DE; MASCARENHAS, H. 2001. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa de vegetação.
- OLIVEIRA E. L. DE. 1993. Rendimento de matéria seca e absorção de cálcio e magnésio pelo milho em função de relação cálcio/magnésio do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 17:383–388.
- OLIVEIRA, E. L.; PARRA, M. S. 2003. Resposta do feijoeiro a relações variáveis entre cálcio e magnésio na capacidade de troca de cátions de latossolos. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:859–866.
- OLIVEROS, M. MILLÁN, A. Y VILLARROEL, D. SF. Importancia del Control de Malezas en las Sabanas Orientales. Investigadores. FONAIAP-Centro de Investigaciones Agropecuarias de Maturín. Monagas. [Documento en línea]. Disponible en línea en: ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd60/malezas.htm. Última visita 24/04/2016.
- ORTEGA, *et al.* 1992. Nuevas líneas de frijol. [Documento en línea].disponible en: Agronomía tropical.com. 43(3-4); 25(2).

- PALMA, J. 2008. Determinación de la calidad de semilla de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) producidas de manera artesanal por pequeños productores de la localidad de Río Chiquito, municipio Piar, estado Monagas. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Maturín, Venezuela. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. 250 pp.
- PALOMO, A. 1986. Variaciones fenotípicas en progenies de selecciones individuales de líneas de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) cv. “Tejero Criollo”, en la sabana de Jusepín, en la época de lluvias de Norte. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Jusepín, Venezuela. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. 81 pp.
- PICCIRILO G., HIGUERA A. 1997. Estudio de insectos polinizadores en el frijol, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., y su efecto en el rendimiento. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Maracaibo estado Zulia. [Documento en línea]. Disponible en: revfacagronluz.org.ve/v14_3/conz1403.html. Última visita: 16/10/2016.
- PURSEGLOVE, J. 1974. Tropical Crops. Dicotiledóneas. London. Longman. 720 pp.
- QUIJADA, O. 1982. Distribuciones simétricas y asimétricas de siembra y poblaciones de plantas de frijol tipo Mantuano (*Vigna sinensis* Endl.), en la sabana de Jusepín. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Jusepín, Venezuela. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. 108 pp.
- RODAS5, 2017. Estrés Hídrico. [Documento en línea]. Disponible en: www.rodas5.us.es/file/4949d71b-4d3d-9e69-000a-1b76edf86560/1/texto_estres_hidrico_SCORM.zip. Última visita: 25/11/2017.
- SALAZAR, D. 1987. Evaluación agronómica de líneas de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) “Tejero Criollo” (Grupo I), probadas en condiciones ecológicas de sabana, en lluvias de Norte 1985-86. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Jusepín, Venezuela. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. 65 pp.
- SELA, G. 2017. Software de gestión de fertilizantes y un experto internacional en nutrición de plantas e irrigación. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/calcium-in-plants>. Última visita 25/11/2017.

- SINGH, B, TARAWALI, S. 1997. Cowpea and its improvement: key to sustainable mixed crop-livestock farming systems in West Africa. [Documento en línea]. Disponible en: http://tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Vigna_unguiculata.htm. Última visita 12/12/2017.
- SILVA J. E. 1980. Balanço de cálcio e magnésio e desenvolvimento do milho em solos sob Cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 15(3):329–333.
- SILVA, J. R. DA; MEURER E. J. 1988. Disponibilidade de potásio para as plantas em solos do Rio Grande do Sul em função da capacidade de troca de cátions. *R. Bras. Ci. Solo*, 12:137–142.
- SOIL IMPROVEMENT COMMITTEE CALIFORNIA PLANT HEALTH ASSOCIATION– SICCPHA. 2004. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. Noriega Editores. México. 366 p.
- TAIRA, K.; FUJITA, N.; SORIN, T. 2004. A trial for soil diagnosis method of accumulated cation availabilities in a soil solution. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 75(1): 15–20.
- TORREALBA, G.; REINA Y., LEÓN, O.; MARTÍNEZ, G; HIGUERA, A.; SÁEZ, T. 2014. Evaluación y selección participativa de cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at64_12/pdf/at64_12_torrealba_g.pdf. Última visita: 25/11/2017.
- UNIVERSIDAD POLITECNIA DE VALENCIA, 2003. El Agua en las Plantas. Nutrición y Transporte de Elementos Minerales. Nutrición Mineral. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas/tema_12.htm. Última visita: 12/12/2017.
- UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, 2017. Las plantas y el agua. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.agro.uba.ar/users/batista/EE/papers/agua.pdf>. Última visita: 25/11/2017.
- VALLADARES, N. 1973. Distancias de siembra y variabilidad de los componentes del rendimiento del frijol (*Vigna sinensis* Endl.) en la sabana de Jusepín. Trabajo de Ascenso para Profesor Asistente. Jusepín, Venezuela. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. 99 p.

- VALLADARES, N. 1990. Nuevas líneas experimentales de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) para la ecología de sabana desarrolladas por selección individual a partir de la población original “Tejero Criollo”. Premio Banco Consolidado 1990. Caracas, Venezuela, Banco Consolidado. 115 p.
- VÁSQUEZ, M. 1989. Selección de caracteres con fines descriptivos en base a la variabilidad observada en dos cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.), durante dos épocas de siembra, en condiciones de sabana. Trabajo de Grado para Magister Scientiarum. Jusepín, Venezuela. Universidad de Oriente, Postgrado en Agricultura Tropical. 247 pp.
- VAN DEN DRIESCHE, R. (1989). Changes in osmotic potential of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) seedlings in relation to temperature and photoperiod, Canadian Journal Forest Research 19: 413-421.
- WALSTON; B. 1997. Fertilizing Your Bonsai. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.evergreengardenworks.com/fertiliz.htm>. Última visita 07/11/2017.

APÉNDICE

Cuadro 1a. Totales y promedios de la altura (cm) aparente de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado

Monagas.						
TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/CAL	48,5	50,0	32,0	74,0	204,5	51,1
C2/TD/CAL	60,0	62,0	59,0	73,0	254,0	63,5
C3/TD/CAL	57,0	65,0	29,0	70,0	221,0	55,3
C4/TD/CAL	59,5	55,0	57,0	74,0	245,5	61,4
C5/TD/CAL	50,0	70,0	61,0	90,0	271,0	67,8
C6/TD/CAL	50,5	42,0	60,0	100,0	252,5	63,1
C7/TD/CAL	58,0	70,0	45,0	64,0	237,0	59,3
C8/TD/CAL	51,0	69,0	39,0	84,0	243,0	60,8
C9/TD/CAL	58,0	76,0	39,0	89,0	262,0	65,5
C10/TD/CAL	62,0	42,0	21,0	68,0	193,0	48,3
C1/C3D/CAL	47,5	52,0	53,0	64,0	216,5	54,1
C2/C3D/CAL	47,5	50,0	68,0	72,0	237,5	59,4
C3/C3D/CAL	46,5	39,0	70,0	92,0	247,5	61,9
C4/C3D/CAL	81,5	36,0	57,0	70,0	244,5	61,1
C5/C3D/CAL	43,0	50,0	59,0	70,0	222,0	55,5
C6/C3D/CAL	41,5	50,0	65,0	84,0	240,5	60,1
C7/C3D/CAL	40,0	46,0	56,0	89,0	231,0	57,8
C8/C3D/CAL	45,5	49,0	76,0	67,0	237,5	59,4
C9/C3D/CAL	37,0	60,0	71,0	70,0	238,0	59,5
C10/C3D/CAL	41,5	49,0	59,0	88,0	237,5	59,4
C1/C5D/CAL	41,5	67,0	53,0	58,0	219,5	54,9
C2/C5D/CAL	29,5	62,0	57,0	64,0	212,5	53,1
C3/C5D/CAL	37,0	50,0	60,0	65,0	212,0	53,0
C4/C5D/CAL	42,0	60,0	52,0	81,0	235,0	58,8
C5/C5D/CAL	33,0	70,0	64,0	61,0	228,0	57,0
C6/C5D/CAL	38,5	73,0	42,0	69,0	222,5	55,6
C7/C5D/CAL	43,0	40,0	55,0	65,0	203,0	50,8
C8/C5D/CAL	41,5	53,0	48,0	66,0	208,5	52,1
C9/C5D/CAL	39,0	42,0	52,0	50,0	183,0	45,8
C10/C5D/CAL	40,0	42,0	52,0	61,0	195,0	48,8
C1/C7D/CAL	33,5	35,0	39,0	63,0	170,5	42,6
C2/C7D/CAL	29,0	49,0	25,0	62,0	165,0	41,3
C3/C7D/CAL	30,0	36,0	20,0	66,0	152,0	38,0
C4/C7D/CAL	27,0	42,0	22,0	52,0	143,0	35,8
C5/C7D/CAL	30,5	40,0	36,0	61,0	167,5	41,9
C6/C7D/CAL	30,0	39,0	40,0	53,0	162,0	40,5
C7/C7D/CAL	30,0	50,0	55,0	62,0	197,0	49,3
C8/C7D/CAL	27,0	45,0	25,0	73,0	170,0	42,5
C9/C7D/CAL	33,5	42,0	27,0	68,0	170,5	42,6
TOTAL	1681,5	2019,0	1900,0	2752,0	8352,5	56,3

Cuadro 1b. Totales y promedios de la altura (cm) aparente de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C10/C7D/CAL	28,5	41,0	38,0	72,0	179,5	44,9
C1/TD/NOCAL	56,5	59,0	78,0	64,0	257,5	64,4
C2/TD/NOCAL	30,0	58,0	62,0	67,0	217,0	54,3
C3/TD/NOCAL	46,0	59,0	61,0	80,0	246,0	61,5
C4/TD/NOCAL	63,0	56,0	60,0	73,0	252,0	63,0
C5/TD/NOCAL	68,5	59,0	70,0	104,0	301,5	75,4
C6/TD/NOCAL	52,0	63,0	58,0	82,0	255,0	63,8
C7/TD/NOCAL	48,5	59,0	57,0	73,0	237,5	59,4
C8/TD/NOCAL	53,0	62,0	64,0	77,0	256,0	64,0
C9/TD/NOCAL	44,0	62,0	65,0	83,0	254,0	63,5
C10/TD/NOCAL	48,0	50,0	63,0	70,0	231,0	57,8
C1/C3D/NOCAL	54,5	62,0	50,0	80,0	246,5	61,6
C2/C3D/NOCAL	55,5	70,0	30,0	70,0	225,5	56,4
C3/C3D/NOCAL	39,0	70,0	66,0	67,0	242,0	60,5
C4/C3D/NOCAL	47,0	75,0	36,0	73,0	231,0	57,8
C5/C3D/NOCAL	72,0	81,0	58,0	90,0	301,0	75,3
C6/C3D/NOCAL	45,5	80,0	42,0	92,0	259,5	64,9
C7/C3D/NOCAL	37,0	60,0	36,0	70,0	203,0	50,8
C8/C3D/NOCAL	39,0	65,0	42,0	68,0	214,0	53,5
C9/C3D/NOCAL	44,0	71,0	40,0	72,0	227,0	56,8
C10/C3D/NOCAL	48,0	76,0	49,0	87,0	260,0	65,0
C1/C5D/NOCAL	39,0	45,0	74,0	82,0	240,0	60,0
C2/C5D/NOCAL	41,5	43,0	73,0	68,0	225,5	56,4
C3/C5D/NOCAL	51,5	45,0	75,0	70,0	241,5	60,4
C4/C5D/NOCAL	34,5	43,0	65,0	71,0	213,5	53,4
C5/C5D/NOCAL	40,0	40,0	70,0	68,0	218,0	54,5
C6/C5D/NOCAL	45,5	40,0	76,0	73,0	234,5	58,6
C7/C5D/NOCAL	49,0	40,0	71,0	98,0	258,0	64,5
C8/C5D/NOCAL	31,0	33,0	71,0	80,0	215,0	53,8
C9/C5D/NOCAL	44,0	45,0	73,0	80,0	242,0	60,5
C10/C5D/NOCAL	47,0	39,0	68,0	67,0	221,0	55,3
C1/C7D/NOCAL	41,5	60,0	64,0	60,0	225,5	56,4
C2/C7D/NOCAL	36,0	34,0	71,0	67,0	208,0	52,0
C3/C7D/NOCAL	32,5	45,0	59,0	75,0	211,5	52,9
C4/C7D/NOCAL	51,5	35,0	70,0	68,0	224,5	56,1
C5/C7D/NOCAL	50,5	59,0	72,0	79,0	260,5	65,1
C6/C7D/NOCAL	56,5	43,0	71,0	70,0	240,5	60,1
C7/C7D/NOCAL	42,0	61,0	44,0	74,0	221,0	55,3
C8/C7D/NOCAL	22,0	36,0	59,0	77,0	194,0	48,5
C9/C7D/NOCAL	60,0	43,0	55,0	97,0	255,0	63,8
C10/C7D/NOCAL	36,0	46,0	72,0	73,0	227,0	56,8
TOTAL	1871,0	2213,0	2478,0	3111,0	9673,0	56,3

Cuadro 2. Análisis de varianza de la altura (cm) aparente de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F Value	Pr> F
BLOQUES	3	35525.88359	11841.96120	89.35	<.0001 *
CULT	9	1422.22578	158.02509	1.19	0.3005
FREQ	3	6689.08359	2229.69453	16.82	<.0001 *
DOSISCAL	1	2889.00703	2889.00703	21.80	<.0001 *
CULT*FREQ	27	2173.81484	80.51166	0.61	0.9387
CULT*DOSISCAL	9	1044.15703	116.01745	0.88	0.5479
FREQ*DOSISCAL	3	2153.68359	717.89453	5.42	0.0013 *
CULT*FREQ*DOSISCAL	27	2299.05859	85.15032	0.64	0.9150
Error	237	31410.55391	132.53398	...	...
Variación Total	319	85607.46797		...	...

CV= 20.43743 %

*: Significativo al 5% de probabilidad
Datos sin transformar

Cuadro 3a. Totales y promedios de la longitud (cm) del eje central de 10 cultivos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/CAL	112,9	100,7	72,2	72,2	357,9	89,5
C2/TD/CAL	69,6	68,3	44,3	44,3	226,6	56,6
C3/TD/CAL	66,5	73,5	54,3	54,3	248,7	62,2
C4/TD/CAL	54,4	36,0	105,8	105,8	302,0	75,5
C5/TD/CAL	42,7	74,0	74,5	74,5	265,7	66,4
C6/TD/CAL	49,5	78,8	50,7	50,7	229,6	57,4
C7/TD/CAL	57,4	107,0	90,5	90,5	345,4	86,4
C8/TD/CAL	105,9	103,8	59,3	59,3	328,2	82,1
C9/TD/CAL	68,6	66,3	84,5	84,5	303,9	76,0
C10/TD/CAL	54,9	71,0	53,4	53,4	232,7	58,2
C1/C3D/CAL	34,3	107,8	78,0	140,0	360,1	90,0
C2/C3D/CAL	60,6	58,6	45,7	125,5	290,3	72,6
C3/C3D/CAL	30,3	96,2	34,5	75,7	236,7	59,2
C4/C3D/CAL	105,4	52,6	32,4	101,5	291,9	73,0
C5/C3D/CAL	36,8	57,6	41,0	88,0	223,4	55,8
C6/C3D/CAL	34,6	100,2	51,0	142,5	328,3	82,1
C7/C3D/CAL	45,5	73,0	65,5	87,5	271,5	67,9
C8/C3D/CAL	56,7	50,0	73,8	141,4	321,9	80,5
C9/C3D/CAL	81,5	49,2	92,4	140,3	363,5	90,9
C10/C3D/CAL	55,8	71,4	82,5	119,7	329,4	82,3
C1/C5D/CAL	71,8	125,1	46,5	118,8	362,2	90,5
C2/C5D/CAL	24,8	75,3	44,8	205,6	350,5	87,6
C3/C5D/CAL	65,3	126,6	37,3	120,8	350,1	87,5
C4/C5D/CAL	69,4	71,3	112,0	100,0	352,7	88,2
C5/C5D/CAL	30,5	102,0	57,5	167,3	357,2	89,3
C6/C5D/CAL	34,7	109,4	50,5	158,0	352,6	88,1
C7/C5D/CAL	41,5	137,3	58,5	114,5	351,7	87,9
C8/C5D/CAL	57,2	149,8	72,8	89,5	369,2	92,3
C9/C5D/CAL	43,6	124,8	89,4	139,0	396,8	99,2
C10/C5D/CAL	30,4	92,2	54,0	105,0	281,6	70,4
C1/C7D/CAL	23,4	44,6	19,6	55,0	142,6	35,6
C2/C7D/CAL	27,8	70,2	17,5	42,6	158,1	39,5
C3/C7D/CAL	27,6	30,0	18,2	37,3	113,1	28,3
C4/C7D/CAL	23,0	61,3	33,0	54,8	172,1	43,0
C5/C7D/CAL	35,0	63,2	22,3	121,0	241,4	60,3
C6/C7D/CAL	23,3	36,7	30,6	53,0	143,6	35,9
C7/C7D/CAL	20,9	26,4	24,0	63,3	134,7	33,7
C8/C7D/CAL	23,3	91,1	20,2	70,8	205,3	51,3
C9/C7D/CAL	23,4	35,3	30,5	115,7	204,8	51,2
C10/C7D/CAL	21,5	35,2	19,3	56,8	132,9	33,2
TOTAL	1942,3	3103,5	2144,6	3840,4	11030,8	76,8

Cuadro 3b. Totales y promedios de la longitud (cm) del eje central de 10 cultivos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/NOCAL	110,9	55,8	123,8	191,5	482,0	120,5
C2/TD/NOCAL	58,4	40,8	120,3	145,2	364,7	91,2
C3/TD/NOCAL	128,8	38,8	91,3	172,3	431,3	107,8
C4/TD/NOCAL	87,9	32,0	91,7	164,7	376,2	94,0
C5/TD/NOCAL	37,5	33,2	106,3	110,8	287,8	71,9
C6/TD/NOCAL	62,2	25,7	147,0	126,4	361,3	90,3
C7/TD/NOCAL	98,7	23,6	95,3	118,2	335,8	83,9
C8/TD/NOCAL	93,7	25,5	99,8	163,4	382,4	95,6
C9/TD/NOCAL	75,8	27,8	77,6	116,8	297,9	74,5
C10/TD/NOCAL	102,7	37,3	80,2	144,5	364,7	91,2
C1/C3D/NOCAL	116,2	63,5	118,8	129,8	428,3	107,1
C2/C3D/NOCAL	50,5	105,4	108,3	161,2	425,5	106,4
C3/C3D/NOCAL	109,9	101,0	82,2	112,0	405,0	101,3
C4/C3D/NOCAL	103,7	80,3	73,8	154,0	411,8	103,0
C5/C3D/NOCAL	68,3	68,8	134,0	132,0	403,1	100,8
C6/C3D/NOCAL	62,7	45,3	87,4	164,0	359,5	89,9
C7/C3D/NOCAL	58,8	73,5	131,3	119,3	382,9	95,7
C8/C3D/NOCAL	82,7	103,5	39,7	117,2	343,1	85,8
C9/C3D/NOCAL	67,0	68,8	125,0	130,8	391,5	97,9
C10/C3D/NOCAL	59,3	52,8	74,8	128,0	314,9	78,7
C1/C5D/NOCAL	80,2	77,0	115,8	116,2	389,2	97,3
C2/C5D/NOCAL	45,8	19,8	49,7	100,2	215,5	53,9
C3/C5D/NOCAL	72,1	27,3	108,2	89,2	296,8	74,2
C4/C5D/NOCAL	88,1	21,3	93,6	74,8	277,8	69,4
C5/C5D/NOCAL	45,6	34,5	135,2	83,5	298,8	74,7
C6/C5D/NOCAL	70,7	24,5	64,5	123,0	282,7	70,7
C7/C5D/NOCAL	50,8	38,5	87,3	134,8	311,5	77,9
C8/C5D/NOCAL	88,7	22,0	118,7	107,7	337,1	84,3
C9/C5D/NOCAL	63,3	23,4	123,2	148,3	358,1	89,5
C10/C5D/NOCAL	55,9	27,3	53,3	148,4	284,9	71,2
C1/C7D/NOCAL	78,4	114,7	27,5	95,0	315,6	78,9
C2/C7D/NOCAL	57,0	69,9	27,3	131,0	285,2	71,3
C3/C7D/NOCAL	64,8	138,3	44,4	128,3	375,8	94,0
C4/C7D/NOCAL	65,5	87,1	32,2	103,5	288,3	72,1
C5/C7D/NOCAL	70,8	64,3	51,4	122,8	309,2	77,3
C6/C7D/NOCAL	47,9	74,6	44,5	158,6	325,6	81,4
C7/C7D/NOCAL	46,4	52,1	33,0	93,5	224,9	56,2
C8/C7D/NOCAL	23,8	87,8	63,8	157,0	332,3	83,1
C9/C7D/NOCAL	64,8	73,6	31,8	73,8	244,0	61,0
C10/C7D/NOCAL	51,5	84,9	27,2	84,5	248,1	62,0
TOTAL	2867,4	2266,1	3341,1	5075,8	13550,5	76,8

Cuadro 4. Análisis de varianza de la longitud (cm) del eje central de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F Value	Pr> F
BLOQUES	3	131230.9202	43743.6401	46.38	<.0001 *
CULT	9	9198.6774	1022.0753	1.08	0.3755
FREQ	3	40855.7205	13618.5735	14.44	<.0001 *
DOSISCAL	1	19848.1501	19848.1501	21.04	<.0001 *
CULT*FREQ	27	10736.9826	397.6660	0.42	0.9954
CULT*DOSISCAL	9	5843.8493	649.3166	0.69	0.7192
FREQ*DOSISCAL	3	21978.9454	7326.3151	7.77	<.0001 *
CULT*FREQ*DOSISCAL	27	11038.1352	408.8198	0.43	0.9942
Error	237	223543.0548	943.2196	...	...
Variación To	319	474274.4355	...	...	...

CV= 39.97837 %

*: Significativo al 5% de probabilidad
Datos sin transformar

Cuadro 5a. Totales y promedios del diámetro (mm) del eje central de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/CAL	6,5	6,9	7,1	6,6	27,1	6,8
C2/TD/CAL	7,8	7,7	8,6	7,2	31,3	7,8
C3/TD/CAL	9,1	7,0	6,8	7,2	30,1	7,5
C4/TD/CAL	5,8	7,4	7,0	8,1	28,3	7,1
C5/TD/CAL	7,3	7,0	8,9	7,5	30,7	7,7
C6/TD/CAL	7,7	7,7	8,3	7,1	30,7	7,7
C7/TD/CAL	6,7	8,4	7,0	7,0	29,1	7,3
C8/TD/CAL	7,7	7,0	6,8	8,8	30,3	7,6
C9/TD/CAL	8,1	6,9	6,4	8,9	30,3	7,6
C10/TD/CAL	7,6	7,4	7,9	5,8	28,6	7,2
C1/C3D/CAL	7,9	6,8	6,8	6,6	28,0	7,0
C2/C3D/CAL	9,1	8,8	6,8	7,4	32,0	8,0
C3/C3D/CAL	7,5	7,6	7,2	7,3	29,6	7,4
C4/C3D/CAL	7,7	6,6	7,0	7,6	28,9	7,2
C5/C3D/CAL	5,5	8,4	8,1	6,5	28,4	7,1
C6/C3D/CAL	7,6	8,1	7,9	7,7	31,2	7,8
C7/C3D/CAL	7,4	8,2	6,8	9,2	31,5	7,9
C8/C3D/CAL	8,1	6,9	7,3	9,3	31,6	7,9
C9/C3D/CAL	7,5	7,0	8,0	7,3	29,8	7,4
C10/C3D/CAL	7,7	7,5	8,8	7,2	31,2	7,8
C1/C5D/CAL	7,6	5,8	7,2	6,8	27,4	6,9
C2/C5D/CAL	8,0	8,0	7,3	6,1	29,4	7,4
C3/C5D/CAL	6,6	5,8	7,3	7,2	26,8	6,7
C4/C5D/CAL	7,8	6,8	9,8	7,7	32,0	8,0
C5/C5D/CAL	6,6	7,7	7,3	7,0	28,6	7,2
C6/C5D/CAL	7,2	5,9	6,5	8,2	27,7	6,9
C7/C5D/CAL	7,3	6,3	6,2	6,5	26,4	6,6
C8/C5D/CAL	8,1	6,2	7,9	7,1	29,3	7,3
C9/C5D/CAL	6,1	6,2	7,7	7,6	27,6	6,9
C10/C5D/CAL	6,2	6,7	8,3	6,8	28,0	7,0
C1/C7D/CAL	6,4	6,7	6,0	7,3	26,3	6,6
C2/C7D/CAL	8,4	6,4	6,6	6,7	28,1	7,0
C3/C7D/CAL	6,6	6,2	5,7	6,8	25,3	6,3
C4/C7D/CAL	6,2	6,9	7,4	6,2	26,7	6,7
C5/C7D/CAL	9,2	6,4	5,4	6,8	27,7	6,9
C6/C7D/CAL	5,6	7,3	6,0	8,8	27,8	6,9
C7/C7D/CAL	5,7	6,6	4,8	6,4	23,5	5,9
C8/C7D/CAL	6,0	5,9	6,6	6,5	25,0	6,3
C9/C7D/CAL	5,9	5,9	6,2	7,6	25,6	6,4
C10/C7D/CAL	8,8	7,6	6,5	6,9	29,8	7,4
TOTAL	290,4	280,5	286,0	291,1	1148,0	7,2

Cuadro 5b. Totales y promedios del diámetro (mm) del eje central de 10 cultivos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/NOCAL	7,6	7,0	7,8	6,6	29,0	7,2
C2/TD/NOCAL	7,4	7,3	8,5	8,9	32,1	8,0
C3/TD/NOCAL	7,4	6,7	6,2	8,4	28,6	7,2
C4/TD/NOCAL	8,0	7,6	7,8	7,8	31,2	7,8
C5/TD/NOCAL	5,8	7,4	7,9	9,1	30,2	7,6
C6/TD/NOCAL	7,9	7,4	9,0	7,2	31,5	7,9
C7/TD/NOCAL	8,3	7,4	9,2	8,0	32,9	8,2
C8/TD/NOCAL	8,2	7,2	7,1	7,9	30,5	7,6
C9/TD/NOCAL	7,1	6,7	7,9	7,3	29,0	7,2
C10/TD/NOCAL	8,2	7,2	9,7	6,8	31,9	8,0
C1/C3D/NOCAL	7,1	6,5	7,6	6,3	27,5	6,9
C2/C3D/NOCAL	9,2	7,6	7,5	6,8	31,1	7,8
C3/C3D/NOCAL	7,4	8,7	6,9	5,8	28,7	7,2
C4/C3D/NOCAL	8,6	7,5	11,5	8,0	35,7	8,9
C5/C3D/NOCAL	8,3	7,4	8,3	8,5	32,5	8,1
C6/C3D/NOCAL	7,6	7,2	8,3	8,6	31,7	7,9
C7/C3D/NOCAL	8,3	7,8	9,1	7,9	33,1	8,3
C8/C3D/NOCAL	7,1	7,3	8,0	6,4	28,8	7,2
C9/C3D/NOCAL	6,9	7,8	7,4	7,1	29,2	7,3
C10/C3D/NOCAL	7,9	8,6	8,4	7,8	32,8	8,2
C1/C5D/NOCAL	6,8	6,6	8,4	7,9	29,8	7,4
C2/C5D/NOCAL	7,2	6,7	6,9	6,3	27,1	6,8
C3/C5D/NOCAL	6,9	5,3	6,6	6,0	24,8	6,2
C4/C5D/NOCAL	7,8	6,0	7,5	6,2	27,5	6,9
C5/C5D/NOCAL	7,9	5,8	10,2	7,2	31,1	7,8
C6/C5D/NOCAL	7,5	5,3	8,5	6,3	27,6	6,9
C7/C5D/NOCAL	8,3	5,4	8,0	6,7	28,5	7,1
C8/C5D/NOCAL	6,4	5,8	7,6	8,1	28,0	7,0
C9/C5D/NOCAL	6,9	6,1	8,0	5,8	26,8	6,7
C10/C5D/NOCAL	9,0	7,3	5,5	6,1	27,9	7,0
C1/C7D/NOCAL	6,6	6,6	7,0	5,5	25,6	6,4
C2/C7D/NOCAL	7,7	5,0	7,3	7,4	27,5	6,9
C3/C7D/NOCAL	6,9	5,2	5,7	6,0	23,9	6,0
C4/C7D/NOCAL	7,0	5,1	6,5	6,5	25,0	6,3
C5/C7D/NOCAL	8,2	6,6	6,1	7,6	28,5	7,1
C6/C7D/NOCAL	6,8	5,6	7,4	7,0	26,8	6,7
C7/C7D/NOCAL	6,6	6,8	7,7	6,0	27,1	6,8
C8/C7D/NOCAL	6,0	5,2	6,4	6,1	23,7	5,9
C9/C7D/NOCAL	6,3	5,1	7,1	8,9	27,4	6,8
C10/C7D/NOCAL	7,8	5,6	7,2	8,3	29,0	7,2
TOTAL	299,1	265,7	309,7	287,2	1161,6	7,2

Cuadro 6. Análisis de varianza del diámetro (mm) del eje central de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F value	Pr> F
BLOQUES	3	18.44512500	6.14837500	7.88	<.0001 *
CULT	9	16.37737500	1.81970833	2.33	0.0156 *
FREQ	3	55.66962500	18.55654167	23.78	<.0001 *
DOSISCAL	1	0.48050000	0.48050000	0.62	0.4334
CULT*FREQ	27	16.93037500	0.62705093	0.80	0.7457
CULT*DOSISCAL	9	8.06325000	0.89591667	1.15	0.3297
FREQ*DOSISCAL	3	1.97375000	0.65791667	0.84	0.4715
CULT*FREQ*DOSISCAL	27	13.57500000	0.50277778	0.64	0.9136
Error	237	184.9398750	0.7803370	...	...
Corrected Total	319	316.4548750	...	...	...

CV= 12.23818 %

*: Significativo al 5% de probabilidad
Datos sin transformar

Cuadro 7a. Totales y promedios del número de ejes laterales de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/CAL	1,2	0,0	0,0	0,0	1,2	0,3
C2/TD/CAL	0,2	0,7	0,7	0,5	2,0	0,5
C3/TD/CAL	2,0	0,5	0,7	0,5	3,7	0,9
C4/TD/CAL	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,1
C5/TD/CAL	0,0	0,0	1,6	0,8	2,4	0,6
C6/TD/CAL	0,0	0,0	0,8	0,8	1,6	0,4
C7/TD/CAL	0,0	1,3	0,3	0,0	1,7	0,4
C8/TD/CAL	2,5	0,2	0,3	2,6	5,6	1,4
C9/TD/CAL	2,3	0,5	0,0	1,6	4,4	1,1
C10/TD/CAL	2,4	0,7	0,8	0,0	3,9	1,0
C1/C3D/CAL	0,8	0,3	1,5	1,7	4,3	1,1
C2/C3D/CAL	2,0	0,0	0,0	0,5	2,5	0,6
C3/C3D/CAL	0,2	1,5	0,0	0,6	2,3	0,6
C4/C3D/CAL	1,0	0,0	0,0	1,5	2,5	0,6
C5/C3D/CAL	0,0	2,0	0,7	0,2	2,8	0,7
C6/C3D/CAL	0,0	0,0	0,6	1,0	1,6	0,4
C7/C3D/CAL	0,0	0,0	1,5	0,0	1,5	0,4
C8/C3D/CAL	0,0	0,0	1,5	2,0	3,5	0,9
C9/C3D/CAL	0,6	0,7	0,5	0,0	1,8	0,4
C10/C3D/CAL	0,0	0,5	0,0	0,6	1,1	0,3
C1/C5D/CAL	0,8	0,0	0,0	0,8	1,6	0,4
C2/C5D/CAL	0,0	0,0	1,8	1,0	2,8	0,7
C3/C5D/CAL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C4/C5D/CAL	0,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,8
C5/C5D/CAL	0,0	0,7	1,8	0,0	2,4	0,6
C6/C5D/CAL	0,6	0,0	0,0	1,0	1,6	0,4
C7/C5D/CAL	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1
C8/C5D/CAL	1,2	0,0	0,4	0,0	1,6	0,4
C9/C5D/CAL	0,0	0,0	0,8	1,6	2,4	0,6
C10/C5D/CAL	0,3	0,0	0,8	0,2	1,3	0,3
C1/C7D/CAL	0,0	0,7	0,0	2,2	2,9	0,7
C2/C7D/CAL	1,0	0,0	0,0	0,8	1,8	0,5
C3/C7D/CAL	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8	0,2
C4/C7D/CAL	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1
C5/C7D/CAL	0,5	0,6	0,0	0,7	1,8	0,4
C6/C7D/CAL	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	0,7
C7/C7D/CAL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C8/C7D/CAL	0,3	0,0	0,3	0,5	1,2	0,3
C9/C7D/CAL	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1
C10/C7D/CAL	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,3
TOTAL	21,0	11,8	20,3	27,2	80,3	0,6

Cuadro 7b. Totales y promedios del número de ejes laterales de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/NOCAL	2,6	0,0	0,0	0,0	2,6	0,7
C2/TD/NOCAL	0,4	0,8	0,8	1,3	3,4	0,8
C3/TD/NOCAL	1,8	0,2	0,0	2,5	4,5	1,1
C4/TD/NOCAL	0,2	0,0	0,0	0,8	1,0	0,3
C5/TD/NOCAL	0,0	0,0	0,4	3,0	3,4	0,9
C6/TD/NOCAL	1,4	0,0	1,3	1,6	4,3	1,1
C7/TD/NOCAL	1,7	0,5	2,5	1,8	6,4	1,6
C8/TD/NOCAL	2,3	0,5	0,0	1,8	4,6	1,1
C9/TD/NOCAL	1,0	0,0	1,2	1,2	3,4	0,8
C10/TD/NOCAL	2,2	0,2	1,7	0,8	4,8	1,2
C1/C3D/NOCAL	0,6	0,7	2,0	0,8	4,1	1,0
C2/C3D/NOCAL	0,5	0,2	0,0	0,6	1,3	0,3
C3/C3D/NOCAL	0,0	2,0	0,0	1,0	3,0	0,8
C4/C3D/NOCAL	0,0	0,0	3,3	0,0	3,3	0,8
C5/C3D/NOCAL	0,4	1,0	1,6	0,5	3,5	0,9
C6/C3D/NOCAL	0,5	0,7	1,3	1,4	3,9	1,0
C7/C3D/NOCAL	1,3	1,2	1,2	0,2	3,8	1,0
C8/C3D/NOCAL	0,5	1,0	1,8	0,0	3,3	0,8
C9/C3D/NOCAL	0,0	0,6	0,0	0,3	0,9	0,2
C10/C3D/NOCAL	0,0	2,2	1,0	0,2	3,4	0,8
C1/C5D/NOCAL	0,7	1,0	1,3	1,7	4,7	1,2
C2/C5D/NOCAL	0,3	0,3	0,0	0,0	0,7	0,2
C3/C5D/NOCAL	0,3	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
C4/C5D/NOCAL	0,4	0,0	0,8	0,0	1,2	0,3
C5/C5D/NOCAL	0,3	0,0	1,2	1,0	2,5	0,6
C6/C5D/NOCAL	0,2	0,0	1,0	0,5	1,7	0,4
C7/C5D/NOCAL	1,2	0,0	0,0	0,3	1,5	0,4
C8/C5D/NOCAL	0,2	0,0	1,0	1,6	2,8	0,7
C9/C5D/NOCAL	0,4	0,0	0,6	0,3	1,3	0,3
C10/C5D/NOCAL	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,5
C1/C7D/NOCAL	1,4	0,8	0,0	0,7	2,9	0,7
C2/C7D/NOCAL	0,6	0,0	0,5	0,0	1,1	0,3
C3/C7D/NOCAL	1,3	0,0	0,0	0,0	1,3	0,3
C4/C7D/NOCAL	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,2
C5/C7D/NOCAL	0,8	0,2	0,0	0,0	0,9	0,2
C6/C7D/NOCAL	0,4	0,0	0,2	0,0	0,6	0,2
C7/C7D/NOCAL	0,3	0,0	0,8	0,0	1,2	0,3
C8/C7D/NOCAL	0,0	0,0	0,5	0,5	1,0	0,3
C9/C7D/NOCAL	0,3	0,0	0,4	1,5	2,2	0,6
C10/C7D/NOCAL	0,8	0,0	0,0	2,0	2,8	0,7
TOTAL	29,4	14,0	29,1	29,9	102,4	0,6

Cuadro 8. Análisis de varianza del número de ejes laterales de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

Fuente de variación	DF	SC	CM	F Value	Pr> F
BLOQUES	3	7.01609375	2.33869792	4.72	0.0032 *
CULT	9	3.93690625	0.43743403	0.88	0.5411
FREQ	3	11.24859375	3.74953125	7.57	<.0001 *
DOSISCAL	1	1.52628125	1.52628125	3.08	0.0805
CULT*FREQ	27	11.68921875	0.43293403	0.87	0.6492
CULT*DOSISCAL	9	3.85465625	0.42829514	0.86	0.5577
FREQ*DOSISCAL	3	0.79534375	0.26511458	0.54	0.6586
CULT*FREQ*DOSISCAL	27	5.98996875	0.22185069	0.45	0.9925
Error	233	117.4164062	0.49542790	...	...
Variación Total	315	163.4734688	...	...	...

CV= 122.8790 %

*: Significativo al 5% de probabilidad

Datos sin transformar

Cuadro 9a. Totales y promedios de la longitud (cm) de los ejes laterales de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/CAL	24,3	0,0	0,0	0,0	24,3	6,1
C2/TD/CAL	0,0	7,7	11,0	78,5	97,2	24,3
C3/TD/CAL	1,3	10,1	4,5	22,5	38,5	9,6
C4/TD/CAL	0,0	0,0	0,0	35,6	35,6	8,9
C5/TD/CAL	0,0	0,0	20,6	31,3	51,9	13,0
C6/TD/CAL	32,5	0,0	33,8	27,8	94,0	23,5
C7/TD/CAL	17,6	18,3	17,0	0,0	52,8	13,2
C8/TD/CAL	11,2	2,5	0,0	66,7	80,3	20,1
C9/TD/CAL	8,0	1,9	0,0	68,1	78,1	19,5
C10/TD/CAL	3,6	2,6	19,8	0,0	26,0	6,5
C1/C3D/CAL	40,6	8,7	9,7	23,3	82,3	20,6
C2/C3D/CAL	27,3	9,2	9,0	30,2	75,6	18,9
C3/C3D/CAL	55,7	12,8	7,3	29,8	105,6	26,4
C4/C3D/CAL	4,2	0,0	0,0	52,6	56,9	14,2
C5/C3D/CAL	0,0	24,3	29,7	30,0	84,0	21,0
C6/C3D/CAL	0,0	0,0	0,0	20,5	20,5	5,1
C7/C3D/CAL	0,0	25,0	0,0	8,0	33,0	8,3
C8/C3D/CAL	0,0	0,0	7,7	55,1	62,7	15,7
C9/C3D/CAL	10,1	17,0	0,0	0,0	27,1	6,8
C10/C3D/CAL	0,0	3,8	0,0	48,0	51,8	13,0
C1/C5D/CAL	17,8	0,0	45,2	44,0	107,0	26,7
C2/C5D/CAL	0,0	0,0	7,1	61,3	68,4	17,1
C3/C5D/CAL	0,3	0,4	0,3	0,5	1,5	0,4
C4/C5D/CAL	0,0	0,0	24,2	0,0	24,2	6,0
C5/C5D/CAL	0,4	0,6	0,2	0,4	1,6	0,4
C6/C5D/CAL	24,3	0,0	33,0	77,0	134,3	33,6
C7/C5D/CAL	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0	5,0
C8/C5D/CAL	14,2	0,0	9,3	0,0	23,5	5,9
C9/C5D/CAL	0,0	0,0	28,0	32,3	60,3	15,1
C10/C5D/CAL	9,2	0,0	13,3	147,0	169,5	42,4
C1/C7D/CAL	0,0	12,0	0,0	45,9	57,9	14,5
C2/C7D/CAL	0,0	10,3	0,0	56,8	67,1	16,8
C3/C7D/CAL	0,2	0,2	0,2	0,3	1,1	0,3
C4/C7D/CAL	0,0	0,0	0,0	33,0	33,0	8,3
C5/C7D/CAL	0,0	6,8	0,0	33,0	39,8	10,0
C6/C7D/CAL	0,0	0,0	0,0	33,4	33,4	8,3
C7/C7D/CAL	0,2	0,3	0,4	0,4	1,3	0,3
C8/C7D/CAL	3,5	0,0	6,5	26,5	36,5	9,1
C9/C7D/CAL	6,1	0,0	0,0	0,0	6,1	1,5
C10/C7D/CAL	0,0	1,6	0,0	0,0	1,6	0,4
TOTAL	311,6	174,6	336,5	1238,1	2060,7	17,4

Cuadro 9b. Totales y promedios de la longitud (cm) de los ejes laterales de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/NOCAL	35,3	0,0	0,0	0,0	35,3	8,8
C2/TD/NOCAL	9,8	3,8	76,0	111,8	201,3	50,3
C3/TD/NOCAL	9,2	1,3	0,0	67,3	77,8	19,5
C4/TD/NOCAL	122,5	0,0	0,0	129,3	251,8	63,0
C5/TD/NOCAL	0,0	0,0	76,5	57,7	134,2	33,5
C6/TD/NOCAL	40,1	0,0	34,8	40,8	115,7	28,9
C7/TD/NOCAL	24,7	11,8	46,8	38,6	121,9	30,5
C8/TD/NOCAL	75,6	10,0	0,0	67,4	153,0	38,2
C9/TD/NOCAL	23,6	3,2	27,1	47,7	101,5	25,4
C10/TD/NOCAL	32,2	5,0	31,6	21,8	90,6	22,6
C1/C3D/NOCAL	0,0	12,3	36,9	29,3	78,5	19,6
C2/C3D/NOCAL	13,8	1,6	0,0	44,3	59,7	14,9
C3/C3D/NOCAL	0,0	30,4	0,0	0,0	30,4	7,6
C4/C3D/NOCAL	0,0	0,0	35,1	43,0	78,1	19,5
C5/C3D/NOCAL	0,0	14,6	36,3	72,5	123,3	30,8
C6/C3D/NOCAL	24,1	25,3	62,0	72,5	183,9	46,0
C7/C3D/NOCAL	59,3	13,6	45,1	8,3	126,3	31,6
C8/C3D/NOCAL	0,0	10,3	19,5	0,0	29,7	7,4
C9/C3D/NOCAL	0,0	20,9	0,0	67,0	87,9	22,0
C10/C3D/NOCAL	0,0	32,9	13,5	0,0	46,4	11,6
C1/C5D/NOCAL	14,5	6,6	50,0	41,2	112,3	28,1
C2/C5D/NOCAL	18,0	1,3	0,0	0,0	19,3	4,8
C3/C5D/NOCAL	59,0	0,0	20,0	57,0	136,0	34,0
C4/C5D/NOCAL	11,2	0,0	20,3	0,0	31,5	7,9
C5/C5D/NOCAL	7,0	0,0	49,8	79,5	136,3	34,1
C6/C5D/NOCAL	20,0	0,0	40,3	31,0	91,3	22,8
C7/C5D/NOCAL	29,2	0,0	0,0	24,5	53,7	13,4
C8/C5D/NOCAL	43,5	0,0	65,2	72,3	181,0	45,3
C9/C5D/NOCAL	44,0	0,0	21,0	19,5	84,5	21,1
C10/C5D/NOCAL	35,4	0,0	0,0	0,0	35,4	8,8
C1/C7D/NOCAL	28,8	9,3	0,0	50,3	88,4	22,1
C2/C7D/NOCAL	35,1	0,0	22,7	0,0	57,7	14,4
C3/C7D/NOCAL	7,5	0,0	0,0	0,0	7,5	1,9
C4/C7D/NOCAL	0,0	0,0	21,3	0,0	21,3	5,3
C5/C7D/NOCAL	25,8	1,8	0,0	0,0	27,5	6,9
C6/C7D/NOCAL	20,3	0,0	6,0	0,0	26,3	6,6
C7/C7D/NOCAL	51,0	0,0	17,3	0,0	68,3	17,1
C8/C7D/NOCAL	0,0	0,0	9,0	35,5	44,5	11,1
C9/C7D/NOCAL	41,0	0,0	5,5	67,0	113,5	28,4
C10/C7D/NOCAL	23,4	0,0	0,0	35,9	59,3	14,8
TOTAL	984,5	215,7	889,5	1433,0	3522,7	17,4

Cuadro 10. Análisis de varianza de la longitud (cm) de los ejes laterales de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

Fuente de variación	DF	SC	CM	F Value	Pr> F
BLOQUES	3	33446.02984	11148.67661	26.12	<.0001 *
CULT	9	2273.56953	252.61884	0.59	0.8033
FREQ	3	7443.33259	2481.11086	5.81	0.0008 *
DOSISCAL	1	6684.08203	6684.08203	15.66	0.0001 *
CULT*FREQ	27	12231.94334	453.03494	1.06	0.3882
CULT*DOSISCAL	9	2883.41578	320.37953	0.75	0.6623
FREQ*DOSISCAL	3	1922.75434	640.91811	1.50	0.2149
CULT*FREQ*DOSISCAL	27	18053.90909	668.66330	1.57	0.0419 *
Error	237	101176.4227	426.90470	...	...
Variación Total	319	186115.4592	...	...	...

CV= 118.3944 %

*: Significativo al 5% de probabilidad
Datos sin transformar

Cuadro 11a. Totales y promedios de la materia (g) fresca de la parte aérea de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/CAL	86,8	55,7	38,8	35,1	216,4	54,1
C2/TD/CAL	46,0	55,3	57,9	76,7	236,0	59,0
C3/TD/CAL	46,0	107,4	67,2	87,9	308,5	77,1
C4/TD/CAL	41,0	40,4	34,8	51,4	167,5	41,9
C5/TD/CAL	26,5	53,8	75,2	73,6	229,1	57,3
C6/TD/CAL	59,3	66,8	67,1	65,3	258,5	64,6
C7/TD/CAL	65,0	93,5	38,9	43,0	240,4	60,1
C8/TD/CAL	84,7	59,8	52,1	108,9	305,4	76,4
C9/TD/CAL	85,8	67,5	39,2	111,0	303,6	75,9
C10/TD/CAL	66,8	74,3	45,3	25,5	211,9	53,0
C1/C3D/CAL	70,8	47,2	37,5	43,3	198,8	49,7
C2/C3D/CAL	72,5	59,8	46,4	91,7	270,5	67,6
C3/C3D/CAL	65,5	57,3	49,1	86,0	257,9	64,5
C4/C3D/CAL	70,6	28,1	14,9	83,9	197,5	49,4
C5/C3D/CAL	23,0	63,4	54,2	71,7	212,3	53,1
C6/C3D/CAL	52,2	55,7	43,6	84,0	235,5	58,9
C7/C3D/CAL	56,4	70,0	30,0	78,6	235,0	58,8
C8/C3D/CAL	53,2	46,0	37,8	119,4	256,4	64,1
C9/C3D/CAL	58,4	45,5	50,1	43,2	197,2	49,3
C10/C3D/CAL	47,0	53,2	63,0	63,4	226,6	56,7
C1/C5D/CAL	54,2	25,8	85,0	41,3	206,3	51,6
C2/C5D/CAL	33,0	49,4	42,3	46,0	170,7	42,7
C3/C5D/CAL	48,3	22,6	33,2	28,9	133,0	33,2
C4/C5D/CAL	56,3	38,7	43,2	45,3	183,5	45,9
C5/C5D/CAL	29,7	59,5	64,9	43,6	197,7	49,4
C6/C5D/CAL	46,6	28,9	48,2	38,1	161,9	40,5
C7/C5D/CAL	49,0	26,8	34,9	35,4	146,1	36,5
C8/C5D/CAL	67,1	27,9	47,7	21,0	163,7	40,9
C9/C5D/CAL	37,0	26,1	40,9	83,1	187,1	46,8
C10/C5D/CAL	40,3	30,0	51,1	46,1	167,4	41,9
C1/C7D/CAL	25,4	53,9	8,0	68,0	155,2	38,8
C2/C7D/CAL	45,0	29,3	26,8	32,4	133,4	33,4
C3/C7D/CAL	28,2	35,2	24,5	37,1	125,0	31,3
C4/C7D/CAL	19,6	51,2	28,4	31,6	130,8	32,7
C5/C7D/CAL	60,8	36,0	19,0	44,6	160,3	40,1
C6/C7D/CAL	20,5	59,6	35,1	81,7	196,8	49,2
C7/C7D/CAL	19,0	39,3	16,7	49,6	124,6	31,1
C8/C7D/CAL	26,5	21,7	28,4	46,6	123,1	30,8
C9/C7D/CAL	20,8	31,1	32,9	39,2	124,0	31,0
C10/C7D/CAL	24,9	25,4	11,5	43,2	104,9	26,2
TOTAL	1929,7	1919,1	1665,6	2346,0	7860,3	50,1

Cuadro 11b. Totales y promedios de la materia (g) fresca de la parte aérea de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/NOCAL	73,5	26,7	60,4	30,0	190,5	47,6
C2/TD/NOCAL	45,9	39,6	54,4	83,6	223,5	55,9
C3/TD/NOCAL	64,0	40,1	33,1	76,2	213,5	53,4
C4/TD/NOCAL	66,8	47,4	55,2	80,0	249,4	62,3
C5/TD/NOCAL	28,9	45,9	69,6	93,3	237,6	59,4
C6/TD/NOCAL	81,1	39,8	76,9	47,4	245,3	61,3
C7/TD/NOCAL	85,3	50,8	92,9	47,9	276,9	69,2
C8/TD/NOCAL	101,7	41,4	58,2	57,9	259,1	64,8
C9/TD/NOCAL	67,1	38,8	92,9	53,1	251,9	63,0
C10/TD/NOCAL	96,2	44,2	127,7	33,6	301,6	75,4
C1/C3D/NOCAL	47,4	32,9	61,3	27,7	169,3	42,3
C2/C3D/NOCAL	50,2	43,8	81,0	53,7	228,7	57,2
C3/C3D/NOCAL	67,2	101,0	60,4	16,1	244,7	61,2
C4/C3D/NOCAL	76,4	51,7	118,3	58,2	304,6	76,2
C5/C3D/NOCAL	72,6	58,9	92,8	50,4	274,6	68,7
C6/C3D/NOCAL	63,2	49,3	106,2	63,3	282,0	70,5
C7/C3D/NOCAL	85,2	43,5	88,6	43,7	260,9	65,2
C8/C3D/NOCAL	48,8	57,5	79,0	25,6	210,9	52,7
C9/C3D/NOCAL	61,2	68,8	39,9	39,4	209,3	52,3
C10/C3D/NOCAL	54,6	97,0	58,8	30,4	240,7	60,2
C1/C5D/NOCAL	43,3	29,6	85,9	60,5	219,3	54,8
C2/C5D/NOCAL	36,9	26,0	32,4	38,6	133,9	33,5
C3/C5D/NOCAL	56,1	19,0	35,6	27,2	137,8	34,5
C4/C5D/NOCAL	54,2	18,8	71,3	30,5	174,8	43,7
C5/C5D/NOCAL	55,3	16,7	119,9	65,8	257,8	64,4
C6/C5D/NOCAL	58,4	13,1	88,6	40,8	200,8	50,2
C7/C5D/NOCAL	68,8	12,5	39,5	30,3	151,0	37,8
C8/C5D/NOCAL	43,1	15,4	90,8	68,2	217,4	54,4
C9/C5D/NOCAL	56,8	16,0	84,7	41,0	198,5	49,6
C10/C5D/NOCAL	123,3	33,3	16,5	20,6	193,7	48,4
C1/C7D/NOCAL	44,0	41,5	36,0	24,7	146,1	36,5
C2/C7D/NOCAL	55,0	8,8	37,3	26,2	127,2	31,8
C3/C7D/NOCAL	46,2	16,7	25,4	27,5	115,7	28,9
C4/C7D/NOCAL	36,3	12,5	29,9	18,2	96,9	24,2
C5/C7D/NOCAL	85,0	33,0	24,8	44,5	187,3	46,8
C6/C7D/NOCAL	34,8	6,6	36,6	37,9	115,9	29,0
C7/C7D/NOCAL	51,0	37,0	47,7	24,6	160,2	40,0
C8/C7D/NOCAL	28,5	13,7	29,1	27,0	98,2	24,5
C9/C7D/NOCAL	39,7	17,1	52,0	80,9	189,7	47,4
C10/C7D/NOCAL	66,8	15,4	30,6	57,7	170,5	42,6
TOTAL	2420,4	1421,4	2522,3	1803,9	8167,9	50,1

Cuadro 12. Análisis de varianza de la materia (g) fresca de la parte aérea de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

Fuente de variación	DF	SC	CM	F Value	Pr> F
BLOQUES	3	7688.28025	2562.76008	5.58	0.0010 *
CULT	9	2112.34313	234.70479	0.51	0.8660
FREQ	3	37467.71375	12489.23792	27.19	<.0001 *
DOSISCAL	1	296.45000	296.45000	0.65	0.4226
CULT*FREQ	27	9309.81062	344.80780	0.75	0.8111
CULT*DOSISCAL	9	3624.79437	402.75493	0.88	0.5467
FREQ*DOSISCAL	3	315.90075	105.30025	0.23	0.8760
CULT*FREQ*DOSISCAL	27	6267.93988	232.14592	0.51	0.9817
Error	237	108869.0348	459.3630	...	...
Variación Total	319	175952.2675	...	...	...

CV: 42.79 %

*: Significativo al 5% de probabilidad
Datos sin transformar

Cuadro 13a. Totales y promedios de la materia (g) fresca de la raíz de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/CAL	7,9	3,8	3,9	2,4	18,0	4,5
C2/TD/CAL	4,8	3,8	3,8	2,9	15,2	3,8
C3/TD/CAL	5,4	3,5	7,1	11,1	27,1	6,8
C4/TD/CAL	5,4	2,2	2,5	4,4	14,4	3,6
C5/TD/CAL	4,0	4,1	5,8	7,9	21,8	5,4
C6/TD/CAL	9,4	4,3	5,1	6,2	24,9	6,2
C7/TD/CAL	13,5	6,0	4,1	2,8	26,3	6,6
C8/TD/CAL	10,9	2,8	3,8	5,5	23,0	5,8
C9/TD/CAL	12,2	5,1	4,7	14,6	36,6	9,1
C10/TD/CAL	11,0	5,4	3,3	1,4	21,2	5,3
C1/C3D/CAL	6,8	2,9	2,9	3,8	16,3	4,1
C2/C3D/CAL	7,0	5,0	2,6	4,2	18,7	4,7
C3/C3D/CAL	6,9	3,5	3,7	6,6	20,7	5,2
C4/C3D/CAL	6,4	2,3	1,3	4,8	14,8	3,7
C5/C3D/CAL	5,5	4,5	4,5	5,7	20,2	5,1
C6/C3D/CAL	8,6	3,9	3,1	8,6	24,2	6,0
C7/C3D/CAL	9,6	5,4	3,1	7,0	25,1	6,3
C8/C3D/CAL	6,6	2,9	2,8	8,0	20,2	5,0
C9/C3D/CAL	6,4	3,5	3,5	2,7	16,0	4,0
C10/C3D/CAL	7,5	3,6	4,0	2,9	17,9	4,5
C1/C5D/CAL	6,3	2,0	5,0	2,5	15,7	3,9
C2/C5D/CAL	4,1	3,1	2,6	2,2	12,0	3,0
C3/C5D/CAL	2,4	1,9	2,3	2,1	8,7	2,2
C4/C5D/CAL	5,1	2,9	3,3	3,6	14,9	3,7
C5/C5D/CAL	2,7	4,0	2,9	2,4	12,0	3,0
C6/C5D/CAL	3,5	3,0	4,0	1,8	12,4	3,1
C7/C5D/CAL	7,8	4,2	2,5	1,5	15,9	4,0
C8/C5D/CAL	4,0	2,4	3,6	1,2	11,1	2,8
C9/C5D/CAL	3,4	2,4	2,6	3,1	11,5	2,9
C10/C5D/CAL	3,8	3,0	3,2	2,2	12,2	3,1
C1/C7D/CAL	2,9	2,8	1,1	3,1	9,9	2,5
C2/C7D/CAL	5,5	1,9	4,5	2,6	14,5	3,6
C3/C7D/CAL	2,3	2,3	1,6	2,5	8,7	2,2
C4/C7D/CAL	1,8	3,3	3,0	2,8	11,0	2,7
C5/C7D/CAL	9,9	2,1	2,6	3,6	18,2	4,6
C6/C7D/CAL	2,8	3,4	3,9	6,8	16,8	4,2
C7/C7D/CAL	3,7	3,1	1,9	3,1	11,7	2,9
C8/C7D/CAL	5,2	1,6	7,1	2,9	16,8	4,2
C9/C7D/CAL	2,9	1,9	7,4	2,6	14,8	3,7
C10/C7D/CAL	3,8	1,6	1,2	3,3	10,0	2,5
TOTAL	239,6	131,4	141,5	168,9	681,4	3,8

Cuadro 13b. Totales y promedios de la materia (g) fresca de la raíz de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/NOCAL	6,1	1,5	4,4	2,1	14,1	3,5
C2/TD/NOCAL	3,3	2,5	4,0	4,5	14,2	3,6
C3/TD/NOCAL	2,9	1,8	2,8	3,7	11,2	2,8
C4/TD/NOCAL	6,1	3,1	4,8	3,1	17,1	4,3
C5/TD/NOCAL	3,7	2,4	5,5	4,5	16,1	4,0
C6/TD/NOCAL	9,7	3,1	5,6	2,6	20,9	5,2
C7/TD/NOCAL	9,4	2,9	6,8	3,7	22,7	5,7
C8/TD/NOCAL	6,1	2,3	4,1	2,9	15,5	3,9
C9/TD/NOCAL	6,4	2,4	6,4	3,5	18,7	4,7
C10/TD/NOCAL	7,2	3,4	8,1	2,3	21,0	5,2
C1/C3D/NOCAL	2,2	1,7	3,8	0,8	8,6	2,2
C2/C3D/NOCAL	4,7	2,0	4,7	2,4	13,7	3,4
C3/C3D/NOCAL	1,6	3,2	5,6	0,8	11,2	2,8
C4/C3D/NOCAL	4,0	3,1	7,5	3,4	17,9	4,5
C5/C3D/NOCAL	6,4	3,0	4,2	2,5	16,0	4,0
C6/C3D/NOCAL	3,5	2,9	7,1	2,7	16,2	4,0
C7/C3D/NOCAL	7,9	2,5	5,8	2,4	18,6	4,7
C8/C3D/NOCAL	2,8	3,5	5,4	1,7	13,3	3,3
C9/C3D/NOCAL	5,7	3,7	2,1	2,1	13,6	3,4
C10/C3D/NOCAL	5,4	4,4	5,1	2,5	17,5	4,4
C1/C5D/NOCAL	3,5	1,8	5,9	3,3	14,5	3,6
C2/C5D/NOCAL	3,4	1,5	1,9	1,9	8,7	2,2
C3/C5D/NOCAL	2,9	1,0	1,9	1,5	7,2	1,8
C4/C5D/NOCAL	4,7	1,2	3,1	1,8	10,7	2,7
C5/C5D/NOCAL	5,3	1,7	6,9	2,9	16,6	4,2
C6/C5D/NOCAL	4,3	1,0	4,3	1,8	11,4	2,9
C7/C5D/NOCAL	5,5	1,4	1,5	1,4	9,8	2,4
C8/C5D/NOCAL	3,8	1,4	3,9	3,4	12,5	3,1
C9/C5D/NOCAL	4,4	1,6	4,2	2,1	12,4	3,1
C10/C5D/NOCAL	9,9	2,8	2,1	0,9	15,7	3,9
C1/C7D/NOCAL	2,2	2,0	3,1	1,2	8,6	2,1
C2/C7D/NOCAL	2,5	0,6	2,5	1,2	6,8	1,7
C3/C7D/NOCAL	2,9	1,2	2,1	0,9	7,1	1,8
C4/C7D/NOCAL	2,2	1,0	2,3	1,0	6,5	1,6
C5/C7D/NOCAL	3,9	2,2	1,6	1,9	9,6	2,4
C6/C7D/NOCAL	2,2	0,4	3,5	1,8	7,9	2,0
C7/C7D/NOCAL	3,1	2,3	4,6	1,1	11,0	2,7
C8/C7D/NOCAL	2,0	0,9	1,6	1,0	5,5	1,4
C9/C7D/NOCAL	1,8	1,3	2,5	3,1	8,7	2,2
C10/C7D/NOCAL	4,3	1,0	3,0	3,1	11,4	2,8
TOTAL	658,8	346,4	449,0	429,4	1883,5	3,8

Cuadro 14. Análisis de varianza de la materia (g) fresca de la raíz de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

Fuente de variación	DF	SC	CM	F Value	Pr> F
BLOQUES	3	282.4532500	94.1510833	31.56	<.0001 *
CULT	9	60.3861250	6.7095694	2.25	0.0198 *
FREQ	3	268.7907500	89.5969167	30.04	<.0001 *
DOSISCAL	1	78.0125000	78.0125000	26.15	<.0001 *
CULT*FREQ	27	81.5011250	3.0185602	1.01	0.4532 *
CULT*DOSISCAL	9	28.4843750	3.1649306	1.06	0.3926
FREQ*DOSISCAL	3	21.8647500	7.2882500	2.44	0.0648
CULT*FREQ*DOSISCAL	27	73.0608750	2.7059583	0.91	0.6016
Error	237	706.981750	2.983045	...	...
Variación Tot	319	1601.535500	...	...	...

CV: 45.45%

*: Significativo al 5% de probabilidad
Datos sin transformar

Cuadro 15a. Totales y promedios de la materia (g) seca de la parte aérea de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/CAL	10,6	12,0	13,3	6,1	41,9	10,5
C2/TD/CAL	6,5	10,9	26,2	23,1	66,7	16,7
C3/TD/CAL	8,8	19,1	33,5	22,7	84,1	21,0
C4/TD/CAL	6,1	8,6	10,4	12,8	37,9	9,5
C5/TD/CAL	1,9	9,9	18,9	37,9	68,6	17,1
C6/TD/CAL	9,5	13,1	25,5	26,3	74,4	18,6
C7/TD/CAL	6,6	12,4	13,5	13,5	46,0	11,5
C8/TD/CAL	12,4	16,2	18,1	34,9	81,6	20,4
C9/TD/CAL	6,9	20,2	16,3	42,5	85,8	21,5
C10/TD/CAL	7,5	17,3	12,0	6,9	43,7	10,9
C1/C3D/CAL	6,7	10,8	16,9	19,1	53,4	13,4
C2/C3D/CAL	12,5	18,0	11,5	38,4	80,3	20,1
C3/C3D/CAL	9,6	9,8	16,1	28,6	64,2	16,0
C4/C3D/CAL	9,7	7,4	3,8	42,0	62,9	15,7
C5/C3D/CAL	2,8	29,8	27,7	29,2	89,5	22,4
C6/C3D/CAL	5,3	21,5	17,6	46,6	91,0	22,8
C7/C3D/CAL	2,8	23,1	5,9	20,2	52,0	13,0
C8/C3D/CAL	6,5	13,5	12,9	46,9	79,9	20,0
C9/C3D/CAL	8,5	13,3	16,2	13,3	51,2	12,8
C10/C3D/CAL	7,6	13,6	27,3	34,3	82,8	20,7
C1/C5D/CAL	6,9	5,6	31,2	11,6	55,2	13,8
C2/C5D/CAL	7,6	10,3	10,2	11,4	39,5	9,9
C3/C5D/CAL	10,6	5,1	12,1	5,7	33,4	8,3
C4/C5D/CAL	6,8	10,7	12,8	16,8	47,1	11,8
C5/C5D/CAL	5,6	14,9	26,2	13,7	60,3	15,1
C6/C5D/CAL	10,3	7,6	14,6	7,3	39,8	10,0
C7/C5D/CAL	5,3	7,0	6,4	9,2	27,9	7,0
C8/C5D/CAL	9,6	5,6	18,4	6,1	39,6	9,9
C9/C5D/CAL	9,1	5,9	10,0	24,0	49,1	12,3
C10/C5D/CAL	6,8	5,5	17,0	15,6	44,9	11,2
C1/C7D/CAL	3,0	17,5	1,4	36,4	58,4	14,6
C2/C7D/CAL	7,2	6,0	4,3	13,8	31,3	7,8
C3/C7D/CAL	6,4	15,0	8,3	19,7	49,4	12,4
C4/C7D/CAL	3,3	14,6	8,2	8,9	35,0	8,7
C5/C7D/CAL	7,2	13,8	4,9	16,1	42,0	10,5
C6/C7D/CAL	3,5	16,9	6,2	34,5	61,0	15,3
C7/C7D/CAL	2,0	13,4	5,9	20,3	41,6	10,4
C8/C7D/CAL	2,4	3,5	4,1	16,7	26,7	6,7
C9/C7D/CAL	2,7	6,9	11,4	14,6	35,6	8,9
C10/C7D/CAL	3,8	8,5	3,9	19,5	35,6	8,9
TOTAL	268,9	494,3	560,8	867,1	2191,1	15,0

Cuadro 15b. Totales y promedios de la materia (g) seca de la parte aérea de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/NOCAL	8,2	5,8	28,9	8,7	51,5	12,9
C2/TD/NOCAL	6,7	9,4	26,2	38,8	81,1	20,3
C3/TD/NOCAL	14,7	12,5	8,4	37,0	72,6	18,2
C4/TD/NOCAL	15,0	12,8	22,9	40,8	91,5	22,9
C5/TD/NOCAL	3,5	15,2	30,7	35,1	84,4	21,1
C6/TD/NOCAL	12,3	11,1	33,1	16,1	72,6	18,2
C7/TD/NOCAL	22,8	14,5	40,5	20,3	98,0	24,5
C8/TD/NOCAL	15,6	9,4	19,0	21,1	65,1	16,3
C9/TD/NOCAL	15,9	7,7	29,4	17,8	70,8	17,7
C10/TD/NOCAL	20,6	12,3	44,5	9,9	87,2	21,8
C1/C3D/NOCAL	15,4	4,3	35,1	10,2	65,0	16,2
C2/C3D/NOCAL	9,1	10,2	49,1	12,1	80,6	20,2
C3/C3D/NOCAL	12,0	26,8	12,9	5,9	57,6	14,4
C4/C3D/NOCAL	6,2	11,3	44,4	22,2	84,0	21,0
C5/C3D/NOCAL	9,7	24,2	36,2	18,4	88,5	22,1
C6/C3D/NOCAL	9,5	15,0	48,4	18,9	91,7	22,9
C7/C3D/NOCAL	12,7	12,3	63,4	10,3	98,8	24,7
C8/C3D/NOCAL	9,0	18,1	38,5	7,9	73,4	18,4
C9/C3D/NOCAL	9,3	13,1	38,9	8,7	70,0	17,5
C10/C3D/NOCAL	13,0	32,6	21,3	12,9	79,8	19,9
C1/C5D/NOCAL	11,2	7,6	39,9	23,9	82,5	20,6
C2/C5D/NOCAL	9,1	7,3	6,4	11,2	34,0	8,5
C3/C5D/NOCAL	10,0	3,8	10,4	8,7	33,0	8,2
C4/C5D/NOCAL	9,5	5,3	25,5	8,6	48,8	12,2
C5/C5D/NOCAL	9,3	5,0	75,0	32,2	121,4	30,3
C6/C5D/NOCAL	10,4	3,3	41,8	12,0	67,5	16,9
C7/C5D/NOCAL	15,4	3,2	21,4	11,5	51,5	12,9
C8/C5D/NOCAL	7,6	4,0	38,2	22,3	72,1	18,0
C9/C5D/NOCAL	15,7	3,6	22,8	15,6	57,7	14,4
C10/C5D/NOCAL	33,2	9,2	3,0	5,4	50,8	12,7
C1/C7D/NOCAL	18,0	10,9	10,7	5,2	44,7	11,2
C2/C7D/NOCAL	15,8	2,0	9,6	6,7	34,1	8,5
C3/C7D/NOCAL	11,3	3,3	6,8	7,3	28,7	7,2
C4/C7D/NOCAL	10,3	1,8	9,8	17,5	39,4	9,9
C5/C7D/NOCAL	19,4	7,6	9,2	26,7	62,9	15,7
C6/C7D/NOCAL	6,9	2,0	11,5	9,8	30,2	7,5
C7/C7D/NOCAL	14,3	7,5	20,2	7,6	49,5	12,4
C8/C7D/NOCAL	8,0	2,3	6,6	8,3	25,1	6,3
C9/C7D/NOCAL	18,8	4,1	12,4	14,6	49,8	12,4
C10/C7D/NOCAL	16,4	2,7	7,0	22,3	48,4	12,1
TOTAL	511,7	374,8	1059,6	650,1	2596,3	15,0

Cuadro 16. Análisis de varianza de la materia (g) seca de la parte aérea de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

Fuente de variación	DF	SC	CM	F Value	Pr> F
BLOQUES	3	7037.611375	2345.870458	23.55	<.0001 *
CULT	9	878.193875	97.577097	0.98	0.4577
FREQ	3	3600.961625	1200.320542	12.05	<.0001 *
DOSISCAL	1	513.591125	513.591125	5.15	0.0241 *
CULT*FREQ	27	1718.108375	63.633644	0.64	0.9178
CULT*DOSISCAL	9	741.157625	82.350847	0.83	0.5922
FREQ*DOSISCAL	3	247.175625	82.391875	0.83	0.4802
CULT*FREQ*DOSISCAL	27	1165.540625	43.168171	0.43	0.9942
Error	237	23612.42863	99.63050	...	...
Variación Total	319	39514.76888	...	...	...

CV: 66.69%

*: Significativo al 5% de probabilidad
Datos sin transformar

Cuadro 17a. Totales y promedios de la materia (g) seca de la raíz de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/CAL	1,4	1,7	1,8	1,0	5,8	1,4
C2/TD/CAL	0,8	1,5	1,8	1,3	5,4	1,3
C3/TD/CAL	1,4	1,5	3,0	3,7	9,5	2,4
C4/TD/CAL	1,0	1,2	1,4	2,0	5,6	1,4
C5/TD/CAL	0,6	1,9	3,5	2,9	8,8	2,2
C6/TD/CAL	1,8	1,9	2,3	2,1	8,1	2,0
C7/TD/CAL	2,0	1,9	2,1	1,8	7,8	1,9
C8/TD/CAL	1,5	1,5	2,0	2,7	7,7	1,9
C9/TD/CAL	1,6	2,2	2,3	4,7	10,7	2,7
C10/TD/CAL	1,6	2,0	1,7	0,8	6,1	1,5
C1/C3D/CAL	1,1	1,2	1,3	1,9	5,5	1,4
C2/C3D/CAL	1,6	2,2	1,0	1,7	6,6	1,6
C3/C3D/CAL	1,4	1,5	1,7	2,3	6,9	1,7
C4/C3D/CAL	1,3	0,9	0,5	2,1	4,8	1,2
C5/C3D/CAL	0,6	2,0	2,0	2,5	7,2	1,8
C6/C3D/CAL	1,2	1,8	1,2	3,8	8,0	2,0
C7/C3D/CAL	0,6	2,3	1,4	2,2	6,5	1,6
C8/C3D/CAL	0,8	1,4	1,2	3,0	6,5	1,6
C9/C3D/CAL	1,4	1,7	1,6	0,9	5,7	1,4
C10/C3D/CAL	1,3	1,6	2,0	2,1	6,9	1,7
C1/C5D/CAL	1,1	1,0	1,8	1,3	5,1	1,3
C2/C5D/CAL	1,7	1,2	1,0	0,9	4,8	1,2
C3/C5D/CAL	1,2	0,8	1,1	0,7	3,8	1,0
C4/C5D/CAL	1,1	1,3	1,3	1,9	5,5	1,4
C5/C5D/CAL	1,1	1,6	1,3	1,1	5,1	1,3
C6/C5D/CAL	1,7	1,4	1,6	0,8	5,5	1,4
C7/C5D/CAL	1,4	1,7	1,0	0,6	4,7	1,2
C8/C5D/CAL	1,5	1,2	1,6	0,5	4,8	1,2
C9/C5D/CAL	1,3	1,0	1,2	1,8	5,4	1,3
C10/C5D/CAL	1,3	1,1	1,4	1,1	4,8	1,2
C1/C7D/CAL	0,5	1,0	0,5	1,3	3,3	0,8
C2/C7D/CAL	1,4	0,7	1,3	1,5	4,9	1,2
C3/C7D/CAL	0,6	1,0	0,7	1,4	3,7	0,9
C4/C7D/CAL	0,6	1,4	1,2	1,1	4,3	1,1
C5/C7D/CAL	1,7	0,8	0,9	1,6	5,0	1,2
C6/C7D/CAL	1,3	1,4	1,0	3,3	7,0	1,7
C7/C7D/CAL	0,9	1,3	0,9	1,6	4,7	1,2
C8/C7D/CAL	1,4	0,7	1,4	1,4	4,9	1,2
C9/C7D/CAL	0,6	0,9	2,6	1,2	5,3	1,3
C10/C7D/CAL	0,8	0,8	0,7	1,7	3,9	1,0
TOTAL	48,0	56,0	60,1	72,3	236,5	1,4

Cuadro 17b. Totales y promedios de la materia (g) seca de la raíz de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
C1/TD/NOCAL	1,3	0,9	2,0	1,0	5,1	1,3
C2/TD/NOCAL	1,0	1,3	1,5	1,8	5,6	1,4
C3/TD/NOCAL	1,0	0,7	1,3	1,9	4,8	1,2
C4/TD/NOCAL	1,4	1,2	2,0	1,9	6,5	1,6
C5/TD/NOCAL	1,0	1,1	2,2	2,6	6,7	1,7
C6/TD/NOCAL	2,0	1,6	2,2	1,4	7,2	1,8
C7/TD/NOCAL	2,7	1,3	2,7	2,0	8,7	2,2
C8/TD/NOCAL	1,6	1,1	2,1	1,9	6,6	1,7
C9/TD/NOCAL	1,9	1,2	2,2	1,7	7,1	1,8
C10/TD/NOCAL	1,9	1,6	2,9	1,3	7,6	1,9
C1/C3D/NOCAL	1,3	0,6	1,6	0,6	4,1	1,0
C2/C3D/NOCAL	1,5	0,8	1,8	1,0	5,1	1,3
C3/C3D/NOCAL	0,7	1,0	1,9	0,5	4,2	1,0
C4/C3D/NOCAL	1,1	1,0	3,0	1,7	6,8	1,7
C5/C3D/NOCAL	3,0	1,3	1,4	1,7	7,3	1,8
C6/C3D/NOCAL	2,0	1,0	2,5	1,1	6,5	1,6
C7/C3D/NOCAL	1,8	1,0	2,1	1,2	6,1	1,5
C8/C3D/NOCAL	0,9	1,2	2,0	1,1	5,3	1,3
C9/C3D/NOCAL	1,4	1,4	1,7	1,0	5,4	1,4
C10/C3D/NOCAL	1,3	1,1	1,6	1,4	5,4	1,3
C1/C5D/NOCAL	1,0	0,9	2,5	1,6	6,0	1,5
C2/C5D/NOCAL	1,1	0,8	0,6	0,9	3,3	0,8
C3/C5D/NOCAL	0,8	0,4	0,7	0,8	2,7	0,7
C4/C5D/NOCAL	1,1	0,7	1,3	0,9	3,9	1,0
C5/C5D/NOCAL	1,3	0,9	2,8	1,2	6,2	1,6
C6/C5D/NOCAL	1,0	1,4	1,8	0,9	5,1	1,3
C7/C5D/NOCAL	1,8	0,8	1,1	0,7	4,3	1,1
C8/C5D/NOCAL	0,8	0,9	1,6	1,9	5,3	1,3
C9/C5D/NOCAL	1,2	1,1	3,2	1,1	6,6	1,6
C10/C5D/NOCAL	3,8	1,1	0,7	0,4	6,0	1,5
C1/C7D/NOCAL	0,7	0,7	1,2	0,5	3,0	0,7
C2/C7D/NOCAL	0,8	0,2	0,9	0,5	2,3	0,6
C3/C7D/NOCAL	0,7	0,7	0,9	0,4	2,6	0,7
C4/C7D/NOCAL	1,2	0,3	0,9	0,9	3,3	0,8
C5/C7D/NOCAL	1,3	0,7	0,8	2,6	5,4	1,3
C6/C7D/NOCAL	1,1	0,2	1,2	0,8	3,3	0,8
C7/C7D/NOCAL	1,0	0,8	1,8	0,5	4,0	1,0
C8/C7D/NOCAL	0,7	0,4	0,7	0,5	2,2	0,6
C9/C7D/NOCAL	1,2	0,5	1,0	0,9	3,5	0,9
C10/C7D/NOCAL	1,6	0,4	1,2	1,8	4,9	1,2
TOTAL	54,7	36,0	67,3	48,2	206,1	1,4

Cuadro 18. Análisis de varianza de la materia (g) seca de la raíz de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a cuatro frecuencias de riego y dos dosis de cal desarrollados en condiciones de cielos abierto en Maturín estado Monagas.

Fuente de variación	DF	SC	CM	F Value	Pr> F
BLOQUES	3	9.83309375	3.27769792	9.94	<.0001 *
CULT	9	8.21953125	0.91328125	2.77	0.0042 *
FREQ	3	25.40459375	8.46819792	25.68	<.0001 *
DOSISCAL	1	2.71953125	2.71953125	8.25	0.0044 *
CULT*FREQ	27	5.75634375	0.21319792	0.65	0.9119
CULT*DOSISCAL	9	3.65328125	0.40592014	1.23	0.2766
FREQ*DOSISCAL	3	0.97884375	0.32628125	0.99	0.3984
CULT*FREQ*DOSISCAL	27	6.78209375	0.25118866	0.76	0.7979
Error	237	78.1444063	0.3297232	...	...
Variación Total	319	141.4917188	...	...	...

CV: 41.34%

*: Significativo al 5% de probabilidad
Datos sin transformar

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

Título	Desarrollo vegetativo de 10 cultivares criollos de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp) sometidos a diferentes frecuencias de riego y dosis de cal en condiciones de vivero a cielos abiertos
Subtítulo	

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Hernández González, Michel José	CVLAC	C.I.19.091.738
	e-mail	maikol0149@gmail.com
	CVLAC	

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres de un autor. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores.

Palabras o frases claves:

cultivares, sequia, encalado, adaptación, estrés abiótico.
optimizar
motivación
maestría

El representante de la subcomisión de tesis solicitará a los miembros del jurado la lista de las palabras claves. Deben indicarse por lo menos cuatro (4) palabras clave.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Tecnología y ciencias aplicadas	Agricultura Tropical

Debe indicarse por lo menos una línea o área de investigación y por cada área por lo menos un subárea. El representante de la subcomisión solicitará esta información a los miembros del jurado.

RESUMEN

En la comunidad de “Los Guaros”, municipio Maturín de abril a junio de 2016, se realizó un experimento para evaluar el desarrollo vegetativo de 10 cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sometidos a diferentes frecuencias de riego y dosis de cal, con el objeto de diferenciar e identificar el nivel de adaptabilidad de cada uno de los cultivares a condiciones de estrés abiótico, permitiendo de esta forma obtener cultivares plenamente caracterizados para utilizar en programas de mejoramiento genético. Se utilizó el diseño estadístico de Bloques al Azar y arreglo de tratamientos en forma factorial con tres factores y cuatro repeticiones para un total de 80 tratamientos, lo que suma 320 unidades experimentales. La evaluación comprendió un total de siete caracteres del desarrollo vegetativo tales como: altura (cm) aparente, porte de la planta, porte de la planta, longitud (cm) del eje central, diámetro (mm) del eje central, número de ejes laterales/planta, longitud (cm) de los ejes laterales, materia (g) fresca y seca de la parte aérea y la raíz. La altura (cm) aparente reflejó que las plantas de los tratamientos que combinan riego todos los días (62,7 cm) y cada tres días (60,3 cm) con la dosis cero Kg/Ha alcanzaron alturas superiores al resto de las combinaciones y estadísticamente similares entre sí. Todos los cultivares evaluados resultaron con porte erecto. La longitud (cm) de los ejes laterales arrojó que, sin importar el cultivar, la frecuencia de riego que mayor longitud de los ejes mostró en las plantas fue la de todos los días (TD) seguida de los tratamientos que se regaron cada tres días (C3D) y cada cinco días (C5D) y por último cada siete días (C7D). Para la variable materia (g) fresca de la parte aérea solo se encontró diferencias estadísticas en el factor frecuencia de riego siendo los tratamientos basados en las frecuencias de todos los días (61,6 g) y cada tres días (59 g) superiores al resto de los tratamientos. La materia (g) fresca radical mostros diferencias estadísticas para el factor cultivar y dosis de cal al igual que la variable materia (g) seca de la parte aérea, por el contrario la variable materia (g) seca radical arrojó diferencias estadísticas solo para el factor cultivares.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Prof. Nicolás Valladares	ROL	CA ☐ AS ☒ TU ☐ JU ☐
	CVLAC	C.I: nvalladare@hotmail.com
	e-mail	2.436.010
	e-mail	
Prof. Víctor Otahola	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒
	CVLAC	C.I: 4.713.955
	e-mail	votahola@gmail.com
	e-mail	
Prof. José Gil	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒
	CVLAC	8.469.875
	e-mail	jalexgil2005@hotmail.com
	e-mail	

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: “Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2”. Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el número de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2017	12	15

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

Lenguaje: spa

Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para inglés en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
NMOTMS_HGMJ2017

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U
V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .

Alcance:

Espacial: _____ (opcional)

Temporal: _____ (opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Magister Scientiarum en Agricultura Tropical

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarum en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc.

Nivel Asociado con el trabajo: **Magister**

Dato requerido. Ej: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

Área de Estudio:

Tecnología y ciencias aplicadas

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria, celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. **Abul K. Bashirullah**, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago, a usted a los fines consiguientes.

RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 05/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,
[Firma]
JUAN A. BOLANOS CUMPELO
Secretario

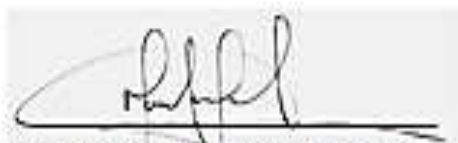


C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/manja

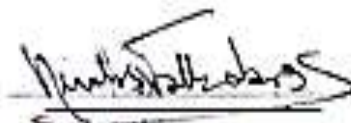
Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”



Ing. Agr. Michel José Hernández González

Autor



Prof. Ph. D. Nicolás Enrique Valladares Sánchez

Asesor