

## **EFICIENCIA DE LA FERTILIZACION CONVENCIONAL FRENTE A LA FERTILIZACION COMPLETA EN HABICHUELA, *Phaseolus vulgaris* L, EN UN SUELO DE PRADERA, VALLE DEL CAUCA.**

*Miguel Alejandro Villota\**

*Luis Enrique Saavedra\**

*Stella H. de Cantillo\*\**

### **COMPENDIO**

En el ensayo se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones y ocho tratamientos (dos dosis de Boro, dos fuentes y tres dosis de Nitrógenos y las combinaciones de estas), los cuales se basaron en una encuesta que se preparó para los agricultores de la zona y en los análisis del suelo, que en términos generales mostraron deficiencias de Boro y Nitrógeno. Las variables de respuesta fueron peso de materia seca, área foliar medidas a los 15 - 30 - 45 días y producción de la planta. Para peso de materia seca y área foliar en las diferentes épocas, el ANDEVA mostró diferencias significativas. Los tratamientos de mejor producción fueron T-10B-Urea, T-10B-U.SAmonio, T-10B-S. Amonio con promedios de 8067.0, 7139.8, 6928.4 y 6194.4 g/ha respectivamente, siendo ellos superiores al promedio general del experimento (5604.5). A pesar de la alta inversión del T- convencional el cultivo no respondió a ella. El caso contrario sucedió con el T-10B-Urea, donde los costos de esta práctica fueron menores, pero el cultivo aporta una rentabilidad del 84.4%.

### **ABSTRACT**

Performance of the snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with traditional fertilizations vs. technical fertilization. The experiment was made in the farm called "El Ancon" - Pradera, (Cauca, Valle), with 1100 mm of precipitation, 940 m.a.s.l. 73.5% R.H. and a temperature of 24°C. In order to get basic information, a completely randomized block design was installed with three replications and eight treatments (control, T-traditional, T-10B-Urea, T-10B-S ammonium, T-05B-Urea, T-05B-S.Ammonium, T-10B-U.SA, T-05B-U.SA). Variables measured were dry matter weight (DNV) (at 15 - 30 - 45 ) leaf area (L.A >) (at 15 - 30 - 45) and production (50 - 70d). Treatments with best productions mean values were: T-10B-Urea, T-10B-U.SA, T10B-S.Ammonium, T-05B-S.Ammonium with 8067.0, 6928.4 and 6194.4/ha respec., all of them above the average of the trial. High investment T-traditional do not have a similar answer in relation to their productions, but the T-10B-Urea treatment has a lower cost and rentability of 84.46%.

### **INTRODUCCION**

En el mundo desarrollado el consumo de habichuela es alto y está a nivel de preferencia de hortalizas como la coliflor y el tomate. En América Latina es de vital importancia al momento de suplir necesidades alimentarias en contenidos proteínicos, vitamínicos y minerales.

En Colombia el área de cultivo se incrementó en 39.8% entre 1980 - 1987, alcanzando cerca de 3000 hectáreas, con un promedio de 11t/ha.; siendo Pradera (Valle del Cauca) uno de los municipios con mayor producción.

Actualmente se han intensificado los subsidios que otorgan en diferentes países, originando marcadas diferencias en la competencia mundial de alimentos, con referencia a los países de las zonas tropicales. Además, estas zonas han adoptado tecnologías provenientes de países de otras latitudes, caracterizadas por las altas cantidades de insumos, lo que no se ajusta a las condiciones del trópico; produciendo problemas en los suelos, ya que no se tienen en cuenta las características físico-químicas de los mismos y las fertilizaciones se realizan sin ningún criterio.

---

\* Estudiante de Pregrado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. A.A. 237.

\*\* Profesora Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. A.A. 237.

A esto se suma que la baja fertilidad que se puede presentar se pretende resolver mediante la aplicación de más fertilizantes químicos, que por sus precios constituyen alto porcentaje de los costos de producción.

Esta problemática se agrava si se tiene en cuenta el riesgo a que se ve enfrentado el agricultor, ante la inestabilidad de los precios en el mercado, en especial de productos hortícolas.

Hoy por hoy, la investigación mundial busca el uso de nuevas técnicas, que hagan relación al bajo porcentaje de insumos y a su uso eficiente, que junto a especies tolerantes llevan a una disminución en la aplicación de agroquímicos y así lograr un manejo razonable de los cultivos.

Con este trabajo se pretende contribuir al conocimiento de un manejo técnico del cultivo de la habichuela. Para esto se planteó el siguiente objetivo central: Comparar el efecto de la fertilización convencional frente a la completa, mediante parámetros fisiológicos y la evaluación de la rentabilidad de los tratamientos.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### Descripción del ensayo

Se analizó una muestra representativa del lote en el laboratorio del Ingenio Mayaguez (Cuadro 1). Mediante una encuesta dirigida a los cultivadores tradicionales de habichuela de la zona, se tipificaron prácticas agronómicas (riego, control de malezas, insectos y enfermedades), y de fertilización (producto, época de aplicación), para seleccionar el tratamiento de fertilización convencional. Para elegir la naturaleza y las dosis de los tratamientos restantes, se tuvo en cuenta los resultados del análisis de suelos y de la encuesta.

Se generaron ocho tratamientos: Testigo; fertilización convencional (Cuadro 2), ó T-convencional. (465.4 kg/ha de Urea, 160.2 kg/ha de S.F.T. y 95.3 kg/ha de KCL). En los tratamientos con fertilización completa se tuvo en cuenta las deficiencias de N y B, la relación Ca/Mg y la tendencia a la basicidad del pH:

T-10B-Urea. (68 kg/ha de Urea y 10 kg/ha de Borax); T-10B-S. Amonio. (150 g/ha del sulfato de Amonio y 10 kg/ha de Borax).

T-05B-Urea. (68 kg/ha de Urea y 5 kg/ha de Borax).

T-05B-S Amonio. (150 kg/ha de Sulfato de Amonio y 5 kg/ha de Borax).

T-10B-U.S.A. (34 kg/ha de Urea, 100 kg/ha de Sulfato de Amonio y 10kg/ha de Borax).

T-05B- U.S.A. (34 kg/ha de Urea, 100 kg/ha de Sulfato de Amonio y 5 kg/ha de Borax).

Para la fertilización del experimento se utilizó el Diseño de Bloques completos al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Las especificaciones de las unidades experimentales fueron las siguientes:

Número de plantas por sitio: 2

Area de la parcela: 12.00m<sup>2</sup>

Area de muestreo: 4.0m<sup>2</sup>

Area de cosecha: 2.4m<sup>2</sup>

Area total del bloque: 96.0 m<sup>2</sup>.

Area total del experimento: 288.0 m<sup>2</sup>

### Montaje y conducción del ensayo

Para mejorar la relación Ca/Mg del suelo se hizo una aplicación de 50 g/ha de Sulfato de magnesio, en los tratamientos de fertilización completa.

Se sembró manualmente la variedad "Lago azul" y la fertilización se realizó a los cinco días de germinación; debido al ataque de Agrothia sp. (Tierrero) se resembró; así mismo, el control de las malezas fue manual, con el propósito de controlar Fusarium, Rhizoctonia (Damping-off), Empoasca sp. (chupadores) y Uromyces phaseoli (roya), se efectuaron aplicaciones de Benomyl (Benlate) (7812 g/ha), Maneb (Manzate) (312 g/ha), Dimetoato (Sistemin) (3.12 g/ha) y Oxicarboxin (Plantvax) (3125 g/ha).

**CUADRO 1. Análisis físico-químico del suelo, correspondiente a la Serie Lfbano, de topografía ligeramente plana y de drenaje moderado.**

Textura:		Franco
pH	:	7.4
M.O.	:	1.60 %
Fósforo	:	79.00 ppm (BRAY II)
Potasio	:	0.24 Meq./100 g
Sodio	:	0.13 Meq./100 g
Calcio	:	10.000 Meq./100 g
Magnesio	:	1.90 Meq./100 g
C.I.C.	:	12.00
Hierro	:	43.00 ppm
Manganeso	:	39.00 ppm
Cobre	:	6.90 ppm
Zinc	:	6.10 ppm
Boro	:	0.16 ppm

**CUADRO 2 Resultados de la encuesta dirigida a los cultivadores de habichuela Phaseolus vulgaris de la zona de Pradera.**

AGRICULTOR	N	Aplicaciones (kg/ha )	
		P	K
1	381.25	593.75	93.75
2	175.00	93.75	125.00
3	214.06	34.37	34.37
4	262.50	46.87	46.87
5	159.37	46.87	15.62
6	173.43	304.68	101.56
7	175.00	103.12	103.12
8	143.75	0	0
9	107.81	0	0
10	181.25	37.50	37.50
11	190.62	46.87	46.87
12	231.25	46.87	15.62
13	2325.93	56.25	56.25
14	353.12	187.50	62.50
15	243.75	28.12	28.12
16	203.12	59.37	59.37
Total	3431.25	1185.93	826.56
Promedio	214.06	73.43	51.56

### **Variables de respuesta**

El peso seco de la parte aérea y el área foliar se evaluó a los 15 - 30 y 45 días.

La producción se cosechó a los 55 - 60 y 70 días.

Cada una de las variables de respuesta se sometió a Análisis de Varianza. Cuando se detectaron diferencias entre algunos de los promedios, se determinó la diferencia mínima significativa (DMS), además, se halló la relación costo-beneficio para cada tratamiento.

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **Peso seco de la parte aérea**

De acuerdo con el ANDEVA (Cuadro 3) y en relación con los promedios de los tratamientos (Cuadro 4), se presentaron diferencias significativas (5%) a los quince días y altas diferencias significativas (1%) a los 30 y 45 días.

A los 15 días los promedios más altos fueron T-10B-U.SA, T-05B-S Amonio y T-10B-Urea con 2.4 g/planta y los más bajos correspondieron al Testigo y a T-05B-U.SA con 1.6 y 2.1 g/planta. Hubo diferencias estadísticas entre el testigo y los tratamientos químicos; mostrando una respuesta positiva del cultivo a la fertilización. La diferencia entre tratamientos no fue tan marcada, porque la planta no está en capacidad plena de hacer uso del Nitrógeno (Coertze, 1978).

En los 30 días (Figura 1), T-convencional y testigo fueron los promedios más bajos, con relación a los tratamientos con fertilización completa, resaltando T-05B-S. Amonio, T-10B-U.SA y T-10B-Urea con 15.5, 14.2 y 14.1 g/planta respectivamente. Esto confirma lo dicho por Durán y Durán (1992), citando a Wallace, sobre la intervención del Boro en el metabolismo del Nitrógeno responsable de la formación biomasa.

A los 45 días, T-10B-Urea presentó diferencias significativas frente a cada uno de los demás

tratamientos.

También se destaca la poca respuesta frente al testigo del T-05B-Urea, posiblemente por la falta de azufre, el cual afecta el metabolismo intermedio del Nitrógeno, disminuyendo la cantidad de materia seca (Wallace, 1978), además de su importancia como componente de algunos aminoácidos (Bidwell, 1979). Esto se confirma con los promedios más altos de algunos tratamientos cuya fuente de Nitrógeno contiene azufre.

Para una misma dosis de Boro y distinta fuente de Nitrógeno, T-10B-Urea supera a T-10B-S.Amonio y estos a su vez, superan al T-Convencional y al testigo (Figura 2) y T-05B-S.Amonio supera ampliamente a T-05B-Urea (Figura 3). Lo anterior permite aseverar que la respuesta de una u otra fuente de Nitrógeno es función de la cantidad de Boro suministrada al suelo.

Además, en altas dosis de Borax, la cual es recomendada por el análisis de suelos, el Nitrógeno responde positivamente (Figuras 4, 5 y 6).

En general se observa la bondad de la fertilización completa frente a la convencional.

#### **Area Foliar**

EL ANDEVA (Cuadro 5), teniendo en cuenta los promedios de los tratamientos (Cuadro 6), detectó altas diferencias significativas (1%) a los 15 días y diferencias significativas (5%) a los 45 días. A los 30 días no se presentaron diferencias, posiblemente debido a problemas generalizados de Damping-off después del primer muestreo.

A los 15 días, se obtuvo con T-10B-Urea el más alto promedio. También se destacaron T-10B-S.Amonio y T-convencional. Si se toma el coeficiente de variación como criterio de comparación, se observa que la diferencia entre los promedios extremos no representa importancia fisiológica; lo que se explica por la presencia de reservas cotiledonares que suplen las deficiencias presentadas (Durán y Durán, 1992).

**CUADRO 3. ANDEVA para la variable de respuesta peso de materia seca (g/planta) de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) para las tres edades (días) del cultivo**

F.V.	CUADRADOS MEDIOS				Ft
	Gli	15	30	45	
TRATAMIENTO	7	0.18*	31.96**	39.09**	2.77
Promedio		2.2	11.5	19.1	
CV (%)		9.7	11.6	8.7	
DMS (5%)		0.4	2.3	2.9	

\*\* Diferencias al 1 %

\* Diferencias al 5 %

**CUADRO 4. Valores promedios de peso de materia seca (g/planta) de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) para las tres edades (días) del cultivo.**

TRATAMIENTOS	EDAD DEL CULTIVO		
	15	30	45
Testigo	1.6 b	6.4 d	14.3 e
T-Tradiconal	2.2 a	8.7 b	17.1 de
T-10B-Urea	2.4 a	14.1 a	25.0 a
T-10B-S. Amonio	2.2 a	13.5 a	18.5 cd
T-05B-Urea	2.2 a	10.5 b	15.5 e
T-05B-S.Amonio	2.4 a	10.5 a	21.1 bc
T-10B-U. SA	2.4 a	14.2 a	22.5 ab
T-05B-U. SA	2.1 a	9.1 b	19.0 cd

Para una misma columna, promedios con al menos una letra igual no difieren estadísticamente (DMS 5%). Test de rango múltiple de Duncan.

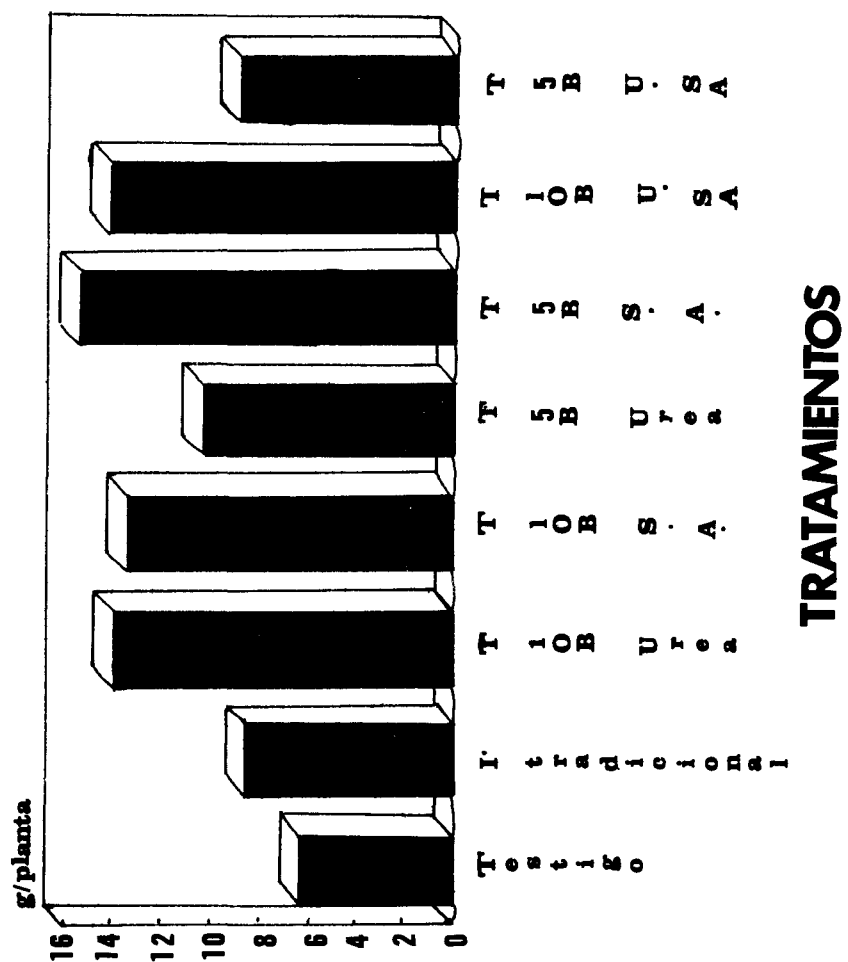


FIGURA 1. Valores promedios de PMS (g/planta) de habichuela a los 30 días.

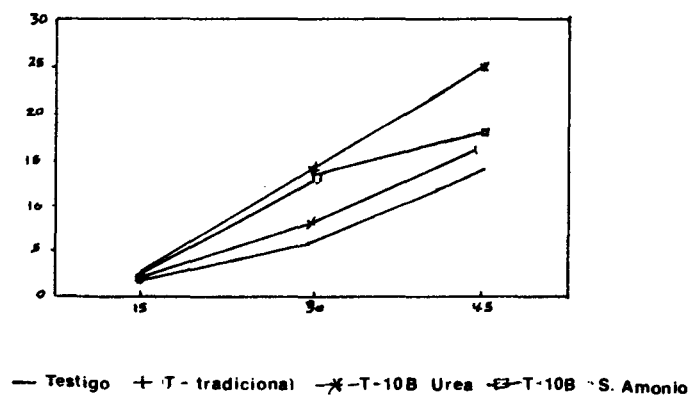


FIGURA 2. Interacción Edad por Tratamiento en el PMS de la habichuela

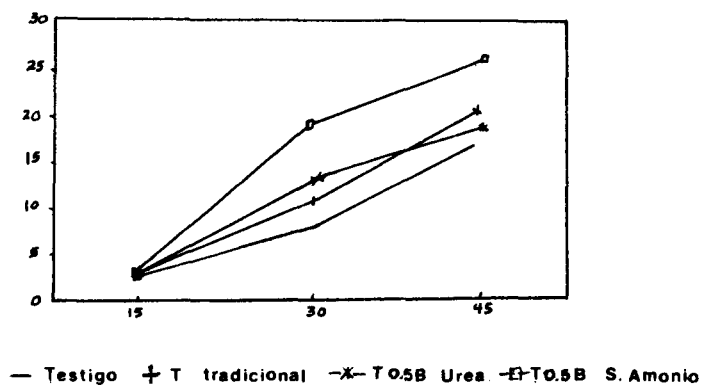


FIGURA 3. Interacción Edad por Tratamiento en el PMS de la habichuela

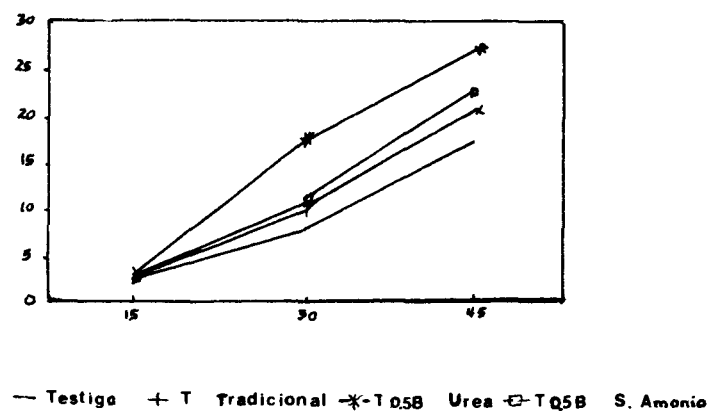


FIGURA 4. Interacción Edad por Tratamiento en el PMS de la habichuela

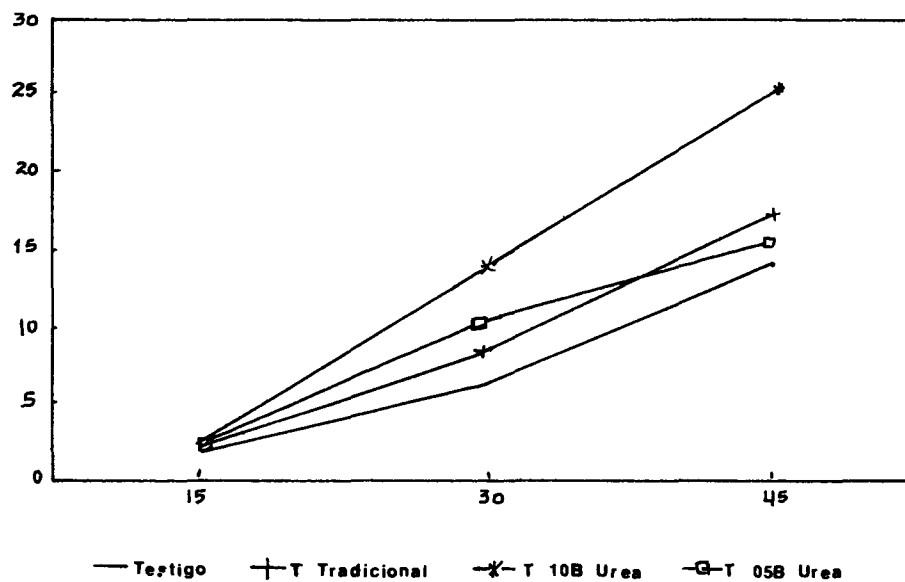


FIGURA 5. Interacción Edad por Tratamiento en el PMS de la habichuela

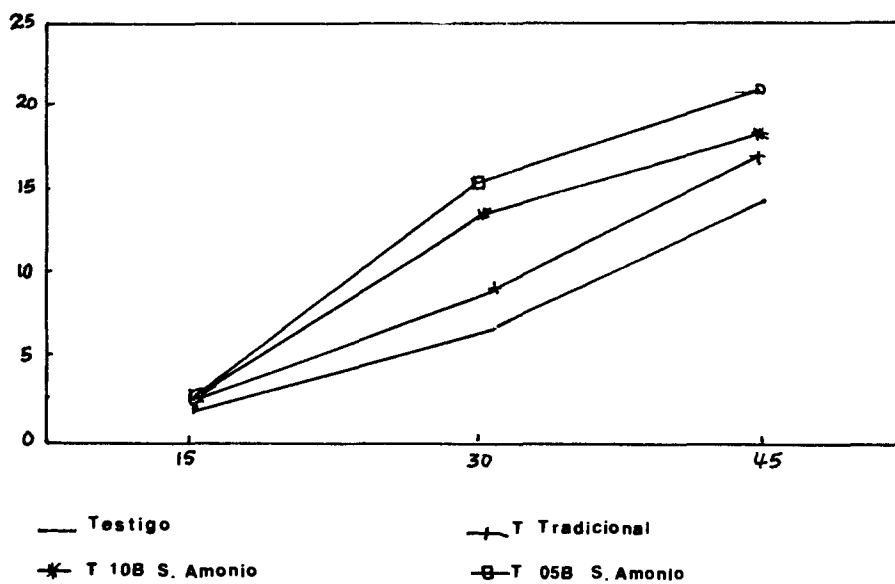


FIGURA 6. Interacción Edad por Tratamiento en el PMS de la habichuela



**CUADRO 5.** ANDEVA para la variable de respuesta área foliar (cm<sup>2</sup>) de habichuela (Phaseolus vulgaris L.) para las tres edades (días) del cultivo.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS			
	Gli	15	30	45 Ft
TRATAMIENTO	7	5107.85*	77417.6 ns	186448.6 *
Promedio		243.0	1183.8	2256.1
CV (%)		0.9	23.1	9.3
DMS (5%)		3.7	477.9	366.8

\* Diferencias al 5 %

ns No significativas

**CUADRO 6.** Valores promedios de peso de área foliar (cm<sup>2</sup>) de habichuela (Phaseolus vulgaris L.) para las tres edades (días) del cultivo

TRATAMIENTOS	EDAD DEL CULTIVO		
	15	30	45
Testigo	208.4 f	1095.6 a	1825.9 d
T-Tradiconal	277.2 c	1244.2 a	2343.2 abc
T-10B-Urea	303.4 a	1499.2 a	2648.6 a
T-10B-S. Amonio	285.1 b	1314.1 a	2457.7 ab
T-05B-Urea	247.8 d	1086.3 a	2208.9 bc
T-05B-S. Amonio	199.3 g	1031.1 a	2067.8 cd
T-10B-U. SA	221.2 e	1153.7 a	2318.6 abc
T-05B-U. SA	201.4 g	1045.8 a	2178.4 bcd

Para una misma columna, promedios con al menos una letra igual no difieren estadísticamente - (DMS 5%). Test de rango múltiple de Duncan.

**CUADRO 7. ANDEVA para la variable de respuesta producción (kg/ha) de habichuela (Phaseolus vulgaris L.)**

F.V.	Gli	CM	Ft.
Tratamiento	7	9060467.*	2.77
Promedio	5604.5		
CV (%)	29.6		
DMS(5%)	2898.5		

\* Diferencias al 5%

**CUADRO 8. Valores promedios de producción (kg/ha) de habichuela (Phaseolus vulgaris L.)**

TRATAMIENTOS	X (kg/ha)
Testigo	3532.9 c
T-Agricultor	4557.5 b
T-10B-Urea	8067.0 a
T-10B-S.Amonio	6928.3 ab
T-05B-Urea	3391.9 c
T-05B-S.Amonio	6194.4 abc
T-10B-U.SA	7139.7 ab
T-05B-U.SA	5024.2 bc

Para una misma columna, promedios con al menos una letra igual no difiere estadísticamente, (DMS 5%), Test de rango múltiple de Duncan.

**CUADRO 9. Análisis económico de la producción de habichuela (kg/2.4 m<sup>2</sup>) en el ensayo en diferentes niveles de fertilización edáfica**

i.t.m.s.	TRATAMIENTOS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Preparación de suelo \$	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Insumos	64.23	64.23	64.23	64.23	64.23	64.23	64.23	64.23
Mano de obra	135.85	135.85	135.85	135.85	135.85	135.85	135.85	135.85
Administración	21.21	21.21	21.21	21.21	21.21	21.21	21.21	21.21
Renta del suelo	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12
Subtotal	235.41	235.41	235.41	235.41	235.41	235.41	235.41	235.41
C/insumos tratamientos	0.00	28.21	5.01	8.16	3.81	6.96	7.55	6.35
Total costos	235.41	263.61	240.42	243.57	239.22	242.37	242.95	241.75
Producción(kg/parcela)	0.85	1.09	1.94	1.66	0.81	1.49	1.71	1.21
Ingreso venta producto	204.00	261.60	465.60	398.40	194.40	357.60	410.40	290.40
Empaque	5.44	6.976	12.416	10.624	5.184	9.536	10.944	7.744
Transporte	4.25	5.45	9.7	8.3	4.05	7.45	8.55	6.05
Utilidad esperada	-41.10	-14.44	203.07	135.91	-54.05	98.25	147.95	34.85
Tasa de rentabilidad(%)	-17.46 %	-5.48 %	84.46 %	55.80 %	-22.60 %	40.54 %	60.90 %	14.42 %

1. Testigo                      2. T-Agricultor                      3. T-10B-Urea                      4. T-10B-S.Amonio  
5. T-05B-Urea                      6. T-05B-S.Amonio                      7. T-10B-U.SA                      8. T-05B-U.SA

**CUADRO 10. Análisis económico de la producción promedio comercial de habichuela en Colombia (kg/2.4 m<sup>2</sup>) en diferentes niveles de fertilización edáfica**

i.t.m.s.	TRATAMIENTOS						
	2	3	4	5	6	7	8
Preparación de suelo \$	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Insumos	64.23	64.23	64.23	64.23	64.23	64.23	64.23
Mano de obra	135.85	135.85	135.85	135.85	135.85	135.85	135.85
Administración	21.21	21.21	21.21	21.21	21.21	21.21	21.21
Renta del suelo	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12
Subtotal	235.41	235.41	235.41	235.41	235.41	235.41	235.41
C/insumos tratamientos	28.21	5.01	5.01	5.01	5.01	5.01	5.01
Total costos	263.61	240.42	240.42	240.42	240.42	240.42	240.42
Producción(kg/parcela)	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
Ingreso venta producto	633.60	633.60	633.60	633.60	633.60	633.60	633.60
Empaque	16.896	16.896	16.896	16.896	16.896	16.896	16.896
Transporte	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
Utilidad esperada	339.89	363.09	359.94	364.29	361.14	360.55	361.75
Tasa de rentabilidad(%)	128.93 %	151.02 %	147.78 %	152.28 %	149.00 %	148.40 %	149.64 %

2. T-Agricultor                      3. T-10B-Urea    4. T-10B-S.Amonio                      5. T-05B-Urea  
6. T-05B-S.Amonio                      7. T-10B-U.SA    8. T-05B-U.SA

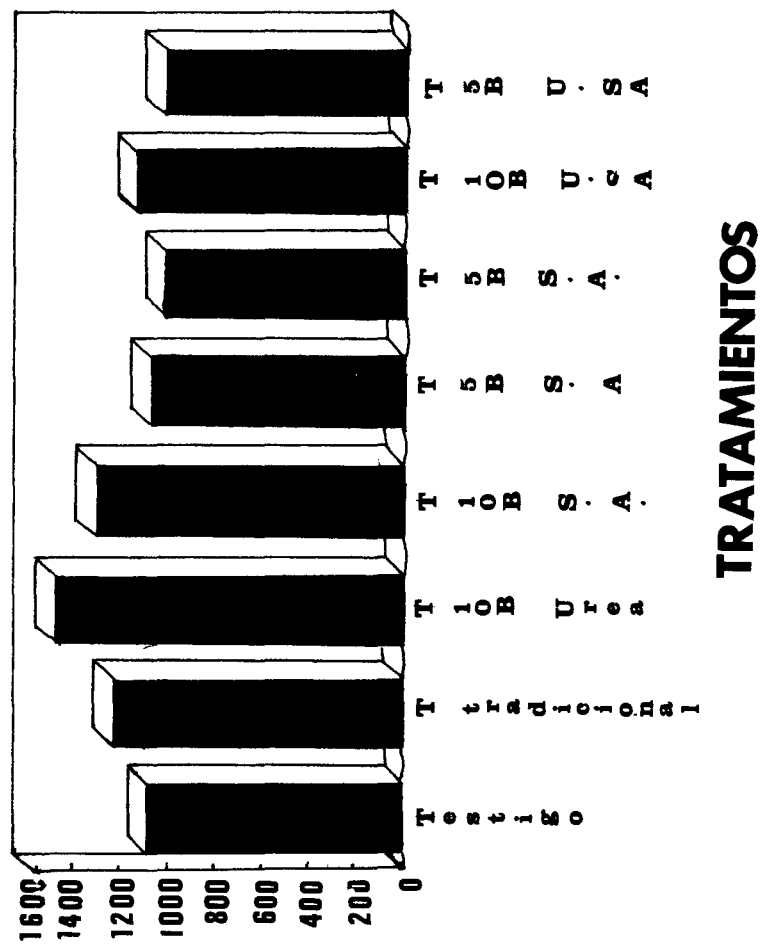


FIGURA 7. Valores promedios de área foliar (cm<sup>2</sup>) de habichuela a los 30 días.

En la edad de 30 días, aunque no hubo diferencias estadísticas, con los tratamientos T-10B-Urea y T-10B-S.Amonio se obtuvieron los más altos promedios (Figura 7). A los 45 días, T-10B-Urea y T-10B-Urea SA se comportaron como los mejores tratamientos; mientras que el testigo mostró el promedio más bajo.

Los tratamientos con dosis de 10 kg de Borax/ha promovieron 2475.0 cm<sup>2</sup>; concordando con lo observado en peso seco de planta, resaltando la alta respuesta del cultivo a la dosis óptima de Boro.

En relación a fuentes de Nitrógeno la Urea promovió 2428.8 cm<sup>2</sup>, frente al sulfato de amonio y las fuentes combinadas, con 2262.8 y 2248 cm<sup>2</sup> respectivamente. Para esta variable, la Urea presentó valores más altos en las dos concentraciones de Borax, mostrando mejor respuesta con la dosis más alta.

En toda la fase experimental se comportaron mejor 10kg/ha de Boro. Esto concuerda con lo expresado por Durán y Durán (1992) citando a López, sobre la necesidad de Boro en las hojas para la reducción de los azúcares que se encuentran por la gran actividad metabólica que se presenta ahí; en ausencia de Boro la reducción se afecta y por ende también el proceso de división celular.

### **Producción**

Según el ANDEVA (Cuadro 7), teniendo en cuenta los promedios de la variable (Cuadro 8), se presentaron diferencias significativas (Cuadro 5).

El promedio general fue de 5604.6 kg/ha, por debajo del promedio nacional de 11 t/ha; esto se explica por el ataque de Damping-off.

Los mejores promedios fueron los de T-10B-Urea y T-10B-U.SA. con 8067.0 y 7139.8 kg/ha respectivamente (Cuadro 8).

Los tratamientos que incluían 10 kg/ha de Borax, lograron un incremento de 2508.1 kg/ha, respecto a los tratamientos que contenían 5 kg/ha de Borax. En cuanto a las fuentes nitrogenadas,

los tratamientos amónicos, promovieron incrementos de 831.9 y 533.4 kg/ha en relación con los tratamientos que incluían Urea y la combinación de fuentes nitrogenadas.

### **Análisis económico**

La rentabilidad del cultivo osciló entre 84.46 y -22.6%; los tratamientos que no representaban pérdidas arrojaron rentabilidades que oscilaron entre 84.46 y 14.42% (Cuadro 9).

Los menores costos (239.22 pesos/2.4m<sup>2</sup>) los presentó T-05B-Urea, pero su rentabilidad se vio afectada por la baja producción.

Para el tratamiento T-convencional los costos de producción correspondieron al 10.85% elevando significativamente los costos de producción; sin reflejarse en la producción.

Para una misma fuente de Nitrógeno los tratamientos con 10kg de Borax/ha, tuvieron mayor rentabilidad que los tratamientos de 5 kg de Borax/ha.

Si se supone una producción rentable, como el promedio general del país (11 t/ha), para los tratamientos con alguna fertilización (Cuadro 10), se observará que T-convencional tuvo una rentabilidad de 128.93%, mientras que los demás estuvieron entre 147.78 y 152.28%.

Lo anterior permite demostrar que las prácticas agronómicas con sentido técnico, reducen significativamente los costos de producción, lográndose altas rentabilidades.

### **BIBLIOGRAFIA**

- BIDWELL, R. Fisiología Vegetal. México : AGT Editor, 1979. 789 p.
- COERTZE. Fertilization of green beans. Vegetable series. Horticultural Research Institute. Pretoria : South Africa 1978.
- DURAN, M. y DURAN, M. Respuesta morfológica del arroz (*Oryza sativa*) a las deficiencias de B, K<sup>+</sup> y S. Palmira, 1992. 70 p. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- WALLACE, A. et al. Influence of P on Zn, Fe, Mn and Cu uptake by plants. Soil Science. 1978.