

## ENSAYO DE FERTILIZACION DEL PASTO PUNTERO (*Hyparrhenia rufa*) CON UN DISEÑO DE SUPERFICIES DE RESPUESTA EN LA ZONA DE CHAPARRAL, TOLIMA

HERNANDO BURITICA MARTINEZ<sup>1</sup>

**Resumen.** Se realizó un ensayo de fertilización con NPK empleando urea, superfosfato triple y cloruro de potasio como fuentes en pasto puntero (*Hyparrhenia rufa*) en la vereda Espíritu Santo, municipio de Chaparral, Tolima en suelos francos arenosos de ladera de baja a mediana fertilidad natural, altura de 1.000 m.s.n.m., temperatura diaria de 25 grados, precipitación promedio anual de 2.500 mms. y una estación seca bien definida entre los meses de junio a septiembre, utilizando el modelo de superficies de respuesta desarrollado por Box y Hunter, expuesto por Cochran y Cox y recomendado por Instituto Colombiano Agropecuario.

Los modelos de regresión obtenidos, muestran incrementos crecientes en la producción de forraje verde y contenido proteínico para las aplicaciones crecientes de nitrógeno y fósforo, con máximos equivalentes a 41 toneladas/Ha y 3.5% con aplicaciones de 400 y 200 kgs/Ha de urea y superfosfato triple. En las condiciones de ensayo, se demuestra la conveniencia de la aplicación de nitrógeno y fósforo en cantidades comprendidas entre 150 a 200 y 75 a 100 kilos de urea y superfosfato triple por hectárea respectivamente.

**Abstract.** A field experiment were conducted in order to know the response of "Puntero" grass (*Hyparrhenia rufa*) to the application of different amount of Urea, concentrated superphosphate and muriate of potash, in a sand loam soil of farm located in Chaparral (Tolima) at 1000 above sea level, 25°C annual mean temperature, and 2.500 mm annual mean precipitation. Box and

Hunter's surface response model was used as advised by the Instituto Agropecuario Colombiano.

The regression analysis shows that increasing applications levels of Nitrogen (urea) and Phosphorus (superphosphate) increase the amount of green forage and protein content; highest level of forage 41 ton and protein 3.5% content were obtained using 400 and 200 kg.ha<sup>-1</sup> of urea and superphosphate. From this information, the author recommend the use of amounts between 150 and 200 of urea and 75 and 100 of superphosphate kilograms per hectare.

### INTRODUCCION

La ganadería en la zona sur del departamento del Tolima constituye una actividad agrícola importante, aunque con bajos rendimientos en la mayoría de las exportaciones debidos, entre otros a un deficiente manejo técnico.

El pasto puntero se ha utilizado preferencialmente para el pastoreo con un mínimo de manejo constituido por limpieza de malezas con machete, quemas y resiembras.

De acuerdo con Bernal, (1982) esta forrajera, ampliamente adaptada a la región, requiere la aplicación de fertilizantes para obtener una mayor producción. Anualmente deben aplicarse fósforo y potasio, y el nitrógeno cuando empiezan las lluvias.

Con base en la anterior hipótesis se planificaron varios ensayos conducentes a conocer el comportamiento de este forrajero bajo condiciones de fertilización apropiada, riego y control de malezas, como prácticas agrónó-

<sup>1</sup> Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Bogotá.

micas que pudieran adoptarse por los ganaderos de la región.

En una primera instancia, se ensayó una aplicación de fertilizantes para conocer la respuesta al nitrógeno, fósforo y potasio utilizando un diseño experimental de superficies de respuesta, que se ha sugerido como uno de los más apropiados en los niveles exploratorios, cuando no existe información preliminar sobre estos aspectos.

## MATERIALES Y METODOS

**Localización.** El ensayo se realizó en la finca "Portugal", Vereda Espíritu Santo, municipio de Chaparral, Tolima entre los meses de Abril a Junio de 1990, en suelos de textura franco arenosa, de mediana fertilidad con una altura promedio de 1.000 m.s.n.m., 25 grados de temperatura promedio y una precipitación anual promedio de 2.300 mms.

### Fuentes de nutrientes

Nitrógeno: Urea (46% de N)  
Fósforo: Superfosfato triple (45.5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)  
Potasio: Cloruro de potasio (60% K<sub>2</sub>O)

### Tratamientos

Niveles límites

N: 0 - 300 kgs/ha.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 150 kgs/ha.

K<sub>2</sub>O: 100 kgs/ha

De acuerdo al diseño experimental, estos límites se agrupan en los tratamientos que se describen en el Cuadro 1.

Los tratamientos se resplicaron dos veces. El tratamiento No. 15 se resplicó seis veces.

Aunque el diseño experimental no lo exige, se dejó un testigo absoluto, (Aplicaron cero), para efectuar comparaciones.

El tamaño de la parcela experimental fue de seis metros cuadrados; con un borde entre parcelas de 1 m, de la cual se muestreo un metro cuadrado.

El tamaño de la parcela experimental fue de seis metros cuadrados, con un borde entre parcelas de 1 m, de la cual se muestreo un metro cuadrado.

El lote dispuesto para el ensayo se limpió, se recortó el pasto y se aplicaron los tratamientos. A los cuarenta días, se hizo un primer corte utilizando un marco de 1 metro cuadrado, se peso el material, se seco aire, se tomó una muestra de 200 grs. para el análisis de materia seca y de estos una submuestra de 100 grs. para análisis de proteína.

No se hicieron nuevos cortes debido a la intensa sequía que se presentó en los días siguientes y que ocasionó la no recuperación del pasto en las parcelas.

**Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el experimento.**

Tratam.	Código	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kgs/Ha.	K <sub>2</sub> O Urea	S.F.T	KCL gs/Gms <sub>2</sub>			
1	-1	-1	-1	61	30.5	20	80	40	20
2	1	-1	-1	240	30.5	20	313	40	20
3	-1	1	-1	61	119.5	20	80	158	20
4	1	1	-1	240	119.5	20	313	158	20
5	-1	-1	1	61	30.5	80	80	40	80
6	1	-1	1	240	30.5	80	313	40	80
7	-1	1	1	61	119.5	80	80	158	80
8	1	1	1	240	119.5	80	313	158	80
9	-1.68	0	0	0	75.0	50	0	99	50
10	1.68	0	0	300	75.0	50	391	99	50
11	0	1.68	0	150	0	50	195	0	50
12	0	1.68	0	150	150.0	50	195	198	50
12	0	0	1.68	150	75	0	195	99	0
14	0	0	1.68	150	75	100	195	99	100
15	0	0	0	100	75	50	195	99	50

**Cuadro 2. Peso fresco del pasto.**

TRATAMIENTOS	REP. I	REP. II	PROMEDIO
1	4.45	3.70	4.07
2	1.95	3.35	2.65
3	1.25	2.85	2.05
4	4.85	3.50	4.17
5	3.10	3.45	3.27
6	1.85	3.50	2.67
7	1.75	3.70	2.72
8	2.25	3.00	2.62
9	1.65	1.85	1.75
10	2.20	3.50	2.85
11	2.40	3.15	2.77
12	2.75	4.45	3.60
13	2.70	4.80	3.75
14	2.90	3.50	3.20
15	2.90	3.50	3.20
15		3.80	
15		4.05	
15		4.30	
15		4.30	
15		4.50	
15		3.65	
0		2.70	
0		1.75	

**Cuadro 3. Peso seco en 200 gs. de material húmedo del pasto.**

TRATAMIENTO	REP. 1	REP. 11	PROMEDIO
1	57.72	39.68	48.7
2	43.99	47.18	45.28
3	48.10	49.75	48.92
4	36.33	44.70	40.51
5	50.89	42.82	46.85
6	56.90	40.21	48.55
7	40.02	38.64	39.33
8	42.10	46.10	44.10
9	54.49	56.68	55.58
10	36.08	48.14	42.11
11	54.25	54.15	54.20
12	43.63	34.78	39.20
13	40.16	42.98	41.57
14	44.39	40.43	42.41
15		42.42	
15		38.85	
15		40.40	
15		41.39	
15		42.99	
15		44.13	
0		48.36	
0		40.21	

**Cuadro 4. Contenido (%) de Nitrógeno total (Kjeldhal - Gunning) en pasto.**

TRATAMIENTO	REP. I	REP. II	PROMEDIO
1	3.33	2.75	3.04
2	2.75	2.75	2.75
3	1.84	2.18	2.01
4	3.90	2.98	3.43
5	2.41	2.30	2.35
6	2.52	3.21	2.86
7	2.07	2.18	2.12
8	3.05	3.15	3.10
9	1.49	1.38	1.43
10	3.10	3.21	3.15
11	1.84	2.30	2.07
12	2.64	2.75	2.69
13	2.75	2.87	2.80
14	2.07	2.87	2.47
15		2.87	
15		3.33	
15		3.10	
15		2.75	
15		2.98	
15		3.10	
0		2.52	
0		3.21	

**Forraje verde.** La función de producción, según el modelo de Box y Hunter (Cochram & Cox, 1971) se establece por la ecuación de regresión:

$$Y = B_0 X_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_{1,1} X_1^2 + B_{2,2} X_2^2 + B_{3,3} X_3^2 + B_{1,2} X_1 X_2 + B_{1,3} X_1 X_3 + B_{2,3} X_2 X_3$$

Siguiendo el procedimiento descrito para obtener los coeficientes de la ecuación, para material verde, esta queda :

$$Y = 4,01 + 0,135X_1 + 0,022X_2 - 0,19X_3 - 0,585X_1^2 - 0,17X_3^2 - 0,27X_2^2 + 0,505X_1X_2 - 0,175X_1X_3 - 0,012X_2X_3$$

El análisis de varianza de la regresión

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F
Términos de 1er orden	3	0.74	0.25	2.21
Términos de 2do. orden	6	7.91	1.32	11.68*
Falta de ajuste	5	1.81	0.362	
Error	5	0.567	0.113	
Total	19	11.03		

Si se deriva la función de producción Y con respecto a X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> y X<sub>3</sub> e igualando a 0 para obtener los máximos, se tiene :

$$1.170X_1 - 0.505X_2 + 0.175X_3 = 0.135$$

$$0.505X_1 - 0.540X_2 - 0.012X_3 = -0.022$$

$$0.175X_1 + 0.012X_2 + 0.340X_3 = -0.190$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones, se tiene que

$$X_1 = 0.436$$

$$X_2 = 0.467$$

$$X_3 = -0.800$$

Lo cual equivale en el sistema codificado a 188, 95 y 26 kilogramos por hectárea de N, P O y K O respectivamente

Las cantidades de fertilizante equivalentes serían de

408 kilogramos por hectárea de urea  
 208 kilogramos por hectárea de Superfosfato  
 t  
 43 kilogramos por hectárea de Cloruro de  
 K

La producción máxima esperada entonces es 4.12 kgs/m equivalente a 41.2 toneladas de forraje verde por hectárea en 40 días.

**Materia seca.** La función de producción para materia seca fué

$$Y = 41,65 - 2,048X_1 - 3,056X_2 - 0,23X_3 + 2,36X_1^2 + 1,618X_2^2 - 0,043X_3^2 - 0,262X_1X_2 + 2,827X_1X_3 - 0,9337X_2X_3$$

El análisis de varianza indicó que no había diferencias significativas en los términos de la función de producción.

**Contenido de proteína.** La función de producción en este caso fue:

$$Y = 3,227 + 0,404X_1 + 0,050X_2 - 0,098X_3 - 0,220X_1^2 - 0,424X_2^2 - 0,098X_3^2 - 0,273X_1X_2 + 0,044X_1X_3 + 0,040X_2X_3$$

La producción máxima de N proteico se obtiene con 95 ks de N, 61.5 ks de P O y 40 ks de K O luego de maximizar la función de producción para este caso.

Cuando se reemplaza en la función de producción y los valores codificados para cantidades diferentes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y K<sub>2</sub>O, se tienen las cantidades material húmedo, seco y nitrógeno proteico que podrían esperarse con estas aplicaciones.

Se observa, por ejemplo, que con las aplicaciones promedias de 150, 75 y 50 kgs/ha

códigos 0 que corresponden a losores centrales -de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, la producción esperada es de 40 toneladas de forraje verde, 20.8% de materia seca y de 3.2% de nitrógeno proteico, lo cual difiere muy poco de los máximos obtenidos con las mayores aplicaciones (41.2 toneladas de forraje verde para las dosis de 300, 150 y 100 lo cual representa el 5% de aumento en la producción para un aumento del 100% en la aplicación).

Por otra parte, si se analizan los coeficientes de la función de producción de forraje verde, se observa el mayor aporte para nitrógeno (0,135X), un poco menos para fósforo (0,022X) y negativo para potasio, lo cual indica claramente que la respuesta a potasio es siempre negativa (todos los coeficientes de X son negativos). El máximo de producción obtenido con aplicación de 26 kgs/ha, puede atribuirse a error experimental en la parcela (15,6 g ) ya que cuando se reemplaza en la función de producción a X por -1,682 que es el valor codificado correspondiente a una aplicación cero de potasio, la producción es de 3.99 kgs/m<sup>2</sup> o 40 ton/ha.

En resumen, se pudo deducir que se presentó respuesta positiva a las aplicaciones de nitrógeno en forma de urea y al fósforo en forma de superfosfato triple aunque en menor grado para este último elemento. Se puede considerar que no existió respuesta a la fertilización potásica.

El diseño experimental de superficies de respuesta resultó apropiado para determinar a nivel exploratorio los niveles de fertilización, que en este caso corresponden a valores intermedios a los ensayados. Una recomendación exacta debería considerar el costo de los fertilizantes a precios actuales y el precio del exceso de forraje producido, lo cual es variable de acuerdo a las circunstancias locales.

FUENTE DE VARIACION	G. L	S. C.	C. M.	F
Términos de 1er orden	3	2.133	0.711	17.26
Términos de 2do. orden	6	3.066	0.511	12.40
Falta de ajuste	5	-0.36	-	-
Error	5	0.206	0.0412	
Total	19	4.858		

Se hace necesario conducir otros ensayos que incluyan el efecto del riesgo, azufre y elementos menores.

#### LITERATURA CITADA

1. Bernal, E.J. 1982. Manual de pastos y forrajes. Federación Antioqueña de Ganaderos. FADEGAN. 1982. p. 118.
2. ICA. 1971. Departamento de Economía Agrícola. Un diseño experimental para mejorar recomendaciones en fertilización. Informe No. 2. Regional 5. Palmira.
3. Cochran, G.W. y G.M. Cox. 1971. Diseños experimentales. Editorial Trillas. México.