

EVALUACION DE ROCA FOSFORICA CON *Brachiaria decumbens* EN ULTISOLES DE HUIMANGUILLO, TABASCO*

Laureano PASTRANA APONTE¹

RESUMEN

En octubre de 1987 se establecieron dos ensayos con roca fosfórica en Ultisoles (suelos de Sabana abierta y de lomerío), de Huimanguillo, Tabasco, cuyos objetivos fueron: 1) evaluar la roca fosfórica como fuente de fósforo en la producción de pastos, 2) precisar el nivel de fósforo con que se obtiene la máxima producción de forraje, 3) determinar el mejor método de aplicación, y 4) comparar el efecto residual de la roca fosfórica respecto del superfosfato triple residual y el aplicado anualmente. Los tratamientos fueron: 1) fuentes de fósforo: roca fosfórica (RF) y superfosfato triple (SFT), 2) niveles de fósforo: 35, 70, 140 y 280 kg de P_2O_5 /ha, y 3) métodos de aplicación: banda (B), voleo incorporado (VI) y voleo sin incorporar (VSI). El diseño experimental fue un bloques al azar con arreglo factorial de tratamientos $2 \times 4 \times 3$ con cuatro repeticiones. Se incluyeron dos tratamientos adicionales: un testigo sin fósforo y otro que recibió aplicaciones anuales de 70 kg de P_2O_5 /ha como SFT. La gramínea forrajera que se utilizó fue el pasto Chontalpo *Brachiaria decumbens*, el cual se fertilizó con 25 kg/ de N/ha como urea después de cada corte. La variable de respuesta fue el rendimiento de materia seca en los tres años de evaluación.

Entre los resultados sobresalientes se observó que la RF incrementó significativamente el rendimiento de materia seca en comparación al testigo sin fósforo. La respuesta a los niveles de fósforo fue clara y altamente significativa, y la máxima producción se obtuvo con 270 y 190 kg de P_2O_5 /ha, en los suelos de sabana abierta y de lomerío, respectivamente. En cuanto a métodos de aplicación, solamente el primer año hubo efectos significativos, siendo los mejores el BI y VSI, y los dos últimos años los métodos resultaron indiferentes. El efecto residual de la RF igualó e incluso superó al efecto residual del SFT. La aplicación anual de fósforo llegó a superar al efecto residual de la RF y SFT.

* Artículo enviado al Comité Editorial del INIFAP Area Agrícola el 24 de septiembre de 1992.

¹ M.C. Investigador del Campo Experimental "Huimanguillo", Tabasco.

INTRODUCCION

Los suelos Ultisoles de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, ocupan una superficie aproximada de 140 mil ha, las cuales representan el 29.4% de la superficie estatal de suelos ácidos. Estos suelos se caracterizan por ser fuertemente ácidos ($\text{pH} = 4.5\text{-}5.5$) y por contener bajos niveles de fósforo asimilable debido a que poseen altas cantidades de óxidos de Fe y Al libre, los cuales al reaccionar con el fósforo que se aplica al suelo, especialmente cuando se usan fuentes hidrosolubles, originan la retención de este elemento por la formación de compuestos poco aprovechables por las plantas. Las deficiencias de fósforo en estos suelos constituyen un factor que limita el establecimiento y la producción de forraje de pastos mejorados.

La estrategia para resolver el problema mencionado sería el uso de roca fosfórica como fuente de fósforo de baja reactividad en el suelo. Esta práctica ha mostrado ser bastante atractiva en la producción de pastos, tanto por su valor agronómico como económico. Además, debido a su baja reactividad en el suelo, generalmente el efecto residual de la roca fosfórica en el suministro de fósforo puede ser mayor que el de los superfosfatos.

Con base en lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron:

- Evaluar la roca fosfórica como fuente de fósforo en la producción de pastos,
- Precisar el nivel de fósforo con el cual se obtiene la máxima producción de forraje,
- Determinar el mejor método de aplicación de la roca fosfórica, y
- Cuantificar el efecto residual de la roca fosfórica y el superfosfato triple en comparación con las aplicaciones anuales.

REVISION DE LITERATURA

La roca fosfórica como fuente de fósforo de aplicación directa al suelo representa una buena alternativa para suministrar fósforo a los pastos que se mantienen en producción durante períodos prolongados. El aspecto económico y el efecto residual han sido las razones por las cuales muchos países de América Tropical están procurando el aprovechamiento de este recurso.

El programa de forrajes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) evaluó en un Oxisol de Carimagua, Colombia, la respuesta del pasto *B*.

decumbens a la aplicación de seis rocas fosfóricas en comparación con el superfosfato triple. Las dosis de fósforo fueron 0, 25, 50, 100 y 400 kg de P_2O_5 /ha, todas aplicadas al voleo e incorporadas en la capa superficial del suelo. En el primer corte la producción de materia seca con el superfosfato fue superior que con las rocas fosfóricas. En el tercero y cuarto, todas las rocas fosfóricas aumentaron su eficiencia y se aproximaron o sobrepasaron al superfosfato. La producción total de forraje durante los 16 primeros meses mostró que las rocas fosfóricas de alta reactividad, Gafsa (África) y Sechura (Perú), fueron 105 y 99% de eficaces respecto al superfosfato. La roca de mediana reactividad del Huila (Colombia) presentó una eficacia del 91% y las rocas de baja reactividad, Pesca (Colombia) y Tennessee (EE.UU.), tuvieron una eficiencia de 88 y 87%, respectivamente, en comparación al superfosfato. La materia seca total producida fue de 13.1 ton/ha, sin riego y con una fertilización básica de 50 kg de N, 100 kg de K_2O y 20 kg de S/ha (CIAT(1), 1977).

La información complementaria de esta misma investigación mostró que las producciones totales de materia seca (ton/ha), producto de siete cortes, tuvieron un comportamiento similar para todas las fuentes de fósforo, en cualquier dosis. El hecho anterior demuestra que el efecto de las rocas fosfóricas es excelente en comparación con el superfosfato. En cualquier momento las rocas fosfóricas presentan un comportamiento igual y en muchos casos superior al SFT, especialmente desde el punto de vista residual. Por tanto, se puede concluir que con el tiempo, una fuente de fósforo resulta ser tan efectiva como otra dentro de un sistema de producción de forraje de largo plazo (CIAT(2), 1978).

El programa de pastos tropicales del CIAT evaluó también la efectividad agronómica del método de aplicación de fósforo en forma de superfosfato triple junto con diferentes niveles de roca fosfórica de Pesca aplicada al voleo e incorporada. La especie que se utilizó fue el pasto *B. decumbens*, al cual se le hicieron cinco cortes. Los resultados fueron relativamente sorprendentes, puesto que la aplicación de la RF de Pesca se comparó favorablemente con el SFT y combinaciones de RF y SFT. También se obtuvo que la RF aplicada al voleo sin incorporar produjo resultados muy similares a los obtenidos con otros tratamientos donde el mismo material se aplicó al voleo incorporado. Esto indica que algunas rocas fosfóricas se pueden utilizar como fuente de fósforo en praderas establecidas (CIAT(3), 1979).

Hammond y col. (5) 1982, estudiaron en un Oxisol de los Llanos Orientales de Carimagua, Colombia, el efecto residual de las aplicaciones de siete

fuentes de fósforo sobre el rendimiento del pasto *B. decumbens*. Las fuentes fueron SFT y seis fuentes de roca fosfórica, las cuales fueron recolectadas en Florida Central y Tennessee (EE.UU.); Bayovar (Perú), Cafsa (Túnez), Pesca y Huila (Colombia). Todas las rocas fosfóricas se molieron finamente (el 80% pasó a través de una malla 100) mientras que el SFT se utilizó granulado (-6+14 mallas). Las fuentes se aplicaron al suelo al voleo en dosis de 25, 50, 100 y 400 kg de P_2O_5 /ha e incorporadas con un rotatiller. También se incluyó un testigo sin P. Los tratamientos con SFT se duplicaron en cada una de las tres repeticiones, de manera que a partir del segundo año, unos tratamientos con SFT no se fertilizaron para evaluar el P residual, mientras que en las otras parcelas se hicieron aplicaciones anuales. El rendimiento de materia seca de 20 cortes mostraron que los efectos residuales de todas las fuentes de P utilizadas fueron altos y significativos. El SFT fue la fuente más eficiente de P en las primeras etapas del cultivo, pero a medida que pasó el tiempo, las RF se convirtieron igualmente en fuentes tan efectivas como el SFT.

En México también se ha evaluado en suelos Ultisoles la roca fosfórica como fuente de fósforo en la producción de forraje de pastos tropicales. Al respecto, Enríquez (4) 1984, estudió en suelos de lomerío de Isla, Veracruz la respuesta del pasto *Digitaria decumbens* a la aplicación de RF de Baja California en dosis de 0, 60 y 120 kg de P_2O_5 /ha. El rendimiento de materia seca el primer año de evaluación mostró un efecto nulo a la RF; sin embargo, el segundo año la respuesta fue positiva, ya que el rendimiento se incrementó en función de las dosis de fósforo. Concluyó que el material de RF requiere de cierto tiempo para reaccionar en el suelo y así ser aprovechada.

Pastrana (10) 1985, evaluó en suelos de sabana abierta de Huimanguillo, Tabasco, la respuesta del pasto *Cynodon plectostachyus* a la aplicación de roca fosfórica. Los tratamientos fueron: RF aplicada en forma directa al suelo; RF + SFT en proporción 75:25% de P_2O_5 de RF; SFT; RF + S finalmente molido en proporción de 5:1 en peso RF; S y SFT como fuente de fósforo hidrosoluble. Las dosis de fósforo fueron; 0, 75, 150 y 300 kg de P_2O_5 /ha. La RF fue finamente molida (el 80% pasó a través de una maya 100), mientras que el SFT se utilizó granulado. Los materiales se aplicaron al suelo al voleo e incorporados con azadón en el horizonte superficial. Los rendimientos de materia seca del primer corte mostraron que la RF, así como los otros tratamientos de RF mezclada con SFT y S, incrementaron significativamente la producción de forraje en función de los niveles de fósforo; sin embargo, el SFT fue superior. En el segundo corte el SFT redujo considerablemente su eficiencia y en el tercero prácticamente fue igualado por la RF mezclada con SFT y S elemental. Concluyó que el SFT reduce

fácilmente su eficiencia y que la RF sola y sus modalidades con el tiempo tienden a igualar y/o superar su eficiencia.

El propio Pastrana (11) 1990, evaluó en suelos de sabana abierta de Huimanguillo, Tabasco, la respuesta de los pastos *Brachiaria decumbens* y *Andropogon gayanus* a la aplicación de fuentes de fósforo de baja reactividad. Los tratamientos fueron: 1) RF de Baja California finamente molida (el 80% del material pasó en malla de 100) y el SFT granulado, 2) dosis de fósforo: 35, 70, 140 y 280 kg de P_2O_5 /ha, y 3) métodos de aplicación: banda, voleo incorporado y voleo sin incorporar. También se incluyeron dos tratamientos adicionales, un testigo sin P y otro en el cual al iniciar el segundo año de evaluación se hizo una aplicación anual de 70 kg de P_2O_5 /ha como SFT para inferir sobre el efecto residual. Durante los dos primeros años, la RF en las diferentes dosis de fósforo incrementó significativamente la producción de forraje de ambos pastos en comparación al testigo sin fósforo, obteniéndose las mayores producciones con las dosis más altas. En el primer año la eficiencia de la RF fue superada por el SFT; sin embargo, su comportamiento fue estadísticamente igual al SFT. En relación a los métodos de aplicación, el primer año fueron mejores aquéllos en donde los materiales se aplicaron al voleo (incorporado y sin incorporar) y en el segundo año no tuvieron ningún efecto significativo. El rendimiento de materia seca en el tratamiento de aplicación anual fue superior al obtenido con la RF y SFT en su efecto residual.

Otros trabajos en donde se ha evaluado la roca fosfórica como fuente de fósforo en la producción de pastos tropicales han sido referidos por Meléndez y col. (7 y 8) 1976a y 1976b; Martínez (6) 1986; y Pérez (11) 1986. En ellos también se ha mostrado la eficiencia que tiene la RF para suministrar fósforo a los pastos que crecen en suelos ácidos deficientes de este elemento.

MATERIALES Y METODOS

Durante octubre de 1987 se establecieron dos ensayos en suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco. El primero se ubicó en suelos de sabana abierta y el segundo en suelos de lomerío. Ambos suelos se clasifican como Ultisoles y han sido usados para ganadería extensiva con especies de pastos nativos. Más adelante se presenta una breve descripción de ellos.

El clima de la región es Am(f) con precipitaciones de 2,250 mm y temperaturas de 26.5°C promedio anual, siendo la época de mínima precipitación los meses de marzo, abril y mayo.

Suelos de sabana abierta

Los suelos son casi planos, con pendientes ligeras que oscilan entre 1 y 2%. La vegetación en el estrato inferior es de pastos, entre los cuales predominan los géneros *Paspalum* spp y *Andropogon* sp, y en el superior se presentan árboles aislados de tipo arbustivo, sobre todo nanche, *Byrsonimia crassifolia*; tachicón, *Curatella americana*; y palma de coyol, *Acrocromia mexicana*.

En el Cuadro 1 se presentan las propiedades físicas y químicas de los suelos de sabana abierta. Los suelos son profundos, con texturas medias en los horizontes superficiales y arcilla en los más profundos. El pH del suelo determinado en agua varía en el rango de 4.5 a 4.8, que se caracteriza como fuertemente ácido, y está muy asociado a la presencia de Al en todo el perfil; sin embargo, los mayores contenidos de Al intercambiable y porcentajes de saturación se registran con más frecuencia en aquellos horizontes que tienen pH más ácido. La cantidad de sales según valores de CE es bajo, por lo que no existen problemas por salinidad. El contenido de materia orgánica en el horizonte superficial es adecuado y representa una fuente importante de N, P y S; su valor disminuye con la profundidad de los horizontes. El contenido de P asimilable en el perfil es bajo, por lo que se puede afirmar que este elemento es deficiente en el suelo. Los contenidos de las bases intercambiables Ca, Mg y K son bajos en todo el perfil; por consiguiente, se trata de suelos más saturados, lo cual está asociado a los bajos valores de la CIC efectiva. Se trata de suelos con muy baja fertilidad natural, en donde el porcentaje de saturación de Al es un problema en la capa superficial.

Suelos de lomerío

Los suelos son de topografía ondulada con pendientes que varían de 5 a 10%. La vegetación es de pastos del género *Paspalum* spp en el estrato inferior, y en el superior aún se observan elementos característicos de la vegetación primaria, tales como el amarillo, *Terminalia amazonia*.

En el Cuadro 2 se presentan las características físicas y químicas de los suelos de lomerío. También se trata de suelos profundos con texturas francas en los horizontes superficiales y tendencia a arcilla en los más profundos. El pH del suelo determinado en agua varía en el rango de 4.7 a 5.2%; los valores más bajos corresponden a los horizontes más profundos; el contenido de Al intercambiable y el porcentaje de Al se incrementan con la profundidad del suelo. El

CUADRO 1. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS ULTISOLES DE HUIMANGUILLO, TABASCO.(AGROECOSISTEMA DE SABANA ABIERTA).

Profundidad (cm)	Textura (%)			Clasificación	pH(1:2) H ₂ O	CE(1:5) (mmhos/cm)	MO (%)	P ¹ (ppm)	Al	Ca	Mg	K	Na ClCe		Sat.Al
	Arena	Limo	Arcilla										(me/100g)	(me/100g)	
0-20	91	20	29	Mig.arc.aren.	4.5	0.02	3.7	2	2.2	0.35	0.27	0.09	0.04	2.95	74.5
20-58	57	15	28	Mig.arc.aren.	4.6	0.02	1.8	2	1.5	0.39	0.24	0.05	0.04	2.22	67.5
58-90	41	11	48	Arcilla	4.8	0.02	0.54	t ²	1.4	0.84	0.40	0.07	0.10	2.81	49.8
90-200	37	13	50	Arcilla	4.7	0.01	0.13	1	2.8	0.64	0.49	0.10	0.07	4.10	48.2

1. Método de Bray 1

2. Trazas

CUADRO 2. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS ULTISOLES DE HUIMANGUILLO, TABASCO (AGROECOSISTEMA DE LOMERIO).

Profundidad (cm)	Textura (%)			Clasificación	pH(1:2) H ₂ O	CE(1:5) (mmhos/cm)	MO (%)	P ¹ (ppm)	Al	Ca	Mg	K	Na ClCe		Sat.Al
	Arena	Limo	Arcilla										(me/100g)	(me/100g)	
0-18	68	12	19	Mig.aren.	5.2	0.04	2.96	4	0.58	2.2	0.74	0.07	0.07	3.66	15.8
18-38	49	15	36	Arc.aren.	5.0	0.03	0.74	1	0.54	1.7	0.92	0.05	0.07	3.28	16.4
38-98	49	13	38	Arc.aren.	4.8	0.02	0.67	t ²	1.34	1.2	0.71	0.09	0.07	3.41	49.2
98-200	49	13	38	Arc.aren.	4.7	0.02	0.13	t	2.07	0.64	0.59	0.12	0.04	3.46	59.8

1. Método de Bray 1

2. Trazas.

contenido de sales, a juzgar por los valores de CE, son bajos y no representan ningún problema. El contenido de materia orgánica es mediano en el horizonte superficial y disminuye con la profundidad del suelo. El P asimilable se presenta en cantidades bajas en todo el perfil; por lo tanto, se considera un elemento deficiente en el suelo. El contenido de bases intercambiables, Ca, Mg y K son bajos, Por lo que también se trata de suelos no saturados, lo cual está asociado a los bajos valores de CIC efectiva. Los suelos de lomerío son más fértiles que los de sabana abierta, además en ellos los niveles tóxicos de Al intercambiable se presentan en los horizontes más profundos.

Siembra y manejo del pasto

La preparación del terreno se hizo mediante barbecho con arado de discos a una profundidad de 20 cm y dos pasos de rastra en sentido contrario, de tal manera de desmenuzar el tamaño de los terrones.

La gramínea forrajera utilizada es perenne, de tipo postrado y se conoce como pasto Chontalpo, *Brachiaria decumbens*. Como material para la siembra se utilizaron cepas con raíz, dejando una separación entre hileras de 1 m y entre cepas de 0.5 m. La siembra se hizo a esquepe.

El control de malezas se hizo con machete cuando predominaron gramíneas nativas y con aplicaciones de tordón (2, 4D) en dosis de 2.0 litros/200 litros de agua cuando sobresalieron especies de hoja ancha.

La fertilización nitrogenada fue constante, para lo cual se aplicaron 25 kg de N/ha como urea después de cada corte. La dosis total fue de 125 kg de N/ha/año.

Los cortes se iniciaron después de haber realizado un corte de uniformidad, el cual se hizo cuando se tuvo un 85% de cubrimiento. Después, cada corte se realizó en promedio cada dos meses; sin embargo, esto dependió de la recuperación del pasto durante las épocas del año. La variable de respuesta fue el rendimiento de materia seca en los tres años de evaluación.

Metodología

Las fuentes de fósforo utilizadas fueron: 1) roca fosfórica (RF) proveniente de San Juan de la Costa, Baja California Sur, con 30.5% de P_2O_5 total con granulometría Tyler tipo industrial de -35 + 150%, y 2) superfosfato triple (SFT)

como fuente de fósforo hidrosoluble. Los niveles de fósforo usados fueron 35, 70, 140 y 280 kg de P_2O_5 /ha. Los métodos de aplicación de las fuentes de fósforo fueron; banda (B), voleo incorporado (VI) y voleo sin incorporar (VSI).

Las fuentes de fósforo, particularmente en el método de voleo incorporado, se aplicaron antes de sembrar el pasto, incorporándolas con azadón a la capa superficial del suelo (aproximadamente 15 cm de profundidad); en cambio, en los métodos en banda y voleo sin incorporar, los materiales se aplicaron después de sembrar el pasto. En el método de banda las fuentes se aplicaron a 15 cm de profundidad y se cubrieron con un poco de suelo, y en el método voleo incorporado se colocaron sobre la superficie del suelo.

El diseño experimental fue un bloques al azar con arreglo factorial de tratamientos $2 \times 4 \times 3$ con cuatro repeticiones. También se incluyeron dos tratamientos adicionales: un testigo sin fósforo y otro que consistió en hacer aplicaciones anuales de 70 kg de P_2O_5 /ha como superfosfato triple (SFT), de tal manera de poder llegar a inferir sobre el efecto residual de la roca fosfórica (RF_{ER}) y el superfosfato triple (SFT_{ER}). En total se tuvieron 26 tratamientos por repetición. El tamaño de la parcela experimental fue de 16 m^2 ($4 \times 4 \text{ m}$) y la útil de 9 m^2 ($3 \times 3 \text{ m}$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados que se presentan corresponden a tres años consecutivos de producción del pasto Chontalpo, tomados en forma particular y global. La discusión de la información gira en torno a los efectos principales de las fuentes de fósforo, dosis y métodos de aplicación. En cada caso, primero se analizan los efectos en suelos de sabana abierta y después en los de lomerío.

Efecto de fuentes de fósforo

En los cuadros 3, 4, 5 y 6 se presenta el rendimiento de materia seca del primero, segundo y tercer año, así como el total de tres años, respectivamente, en los suelos de sabana abierta. Los resultados parciales de cada año de las fuentes fosfóricas (\bar{X} de cuatro dosis de fósforo y tres métodos de aplicación) en comparación al testigo sin fósforo se han graficado en la Figura 1, en donde se puede observar claramente sus efectos sobre el rendimiento de materia seca.

El primer año, la eficiencia de las fuentes de fósforo en cuanto a producción de forraje fue significativamente diferente; la fuente de fósforo hidrosoluble fue más eficiente que la fuente de baja reactividad; el SFT incrementó la producción en 222% y la RF en 124% en comparación al testigo sin fósforo. En el segundo año el SFT redujo considerablemente su capacidad de producir forraje, a tal grado que su comportamiento fue estadísticamente igual a la fuente de baja reactividad (RF), lo cual probablemente se debió a un proceso de fijación de fósforo de la fuente hidrosoluble en el suelo. Al tercer año, la eficiencia de ambas fuentes de fósforo fue similar; sin embargo, la producción fue altamente significativa en comparación al testigo sin fósforo.

CUADRO 3. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL PASTO CHONTALPO CON DIFERENTES DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE ROCA FOSFORICA (RF) Y SUPERFOSFATO TRIPLE (SFT) EN SUELOS DE SABANA ABIERTA, DE HUIMANGUILLO, TABASCO (SUMA DE CINCO CORTES, PRIMER AÑO)¹.

Fuentes de fósforo	Métodos de aplicación ²	Materia seca (ton/ha) ³				Promedio	Yi
		35	70	140	280		
		— P ₂ O ₅ (kg/ha) —					
RF	B ^b	8.2	7.9	9.6	11.2	9.1	10.1 ^b
	VI ^a	9.2	9.0	12.6	14.7	11.3	
	VSI ^a	7.1	8.6	12.0	12.2	9.9	
	\bar{X}	8.1	8.5	11.4	12.7		
SFT	B	9.1	13.1	14.1	19.2	13.8	14.5 ^a
	VI	10.5	12.3	17.3	19.5	14.9	
	VSI	10.3	13.4	15.5	19.9	14.7	
	\bar{X}	9.9	12.9	15.6	19.5		
Promedio		9.0 ^c	10.7 ^c	13.3 ^b	16.1 ^a		

¹. Datos obtenidos del 21 de diciembre/87 al 7 de diciembre/88

². B: banda; VI: voleo incorporado; VSI: voleo sin incorporar

³. Testigo sin fósforo (4.5 ton/ha)

DMSHi = 0.93 (ton/ha)

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes

CUADRO 4. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL PASTO CHONTALPO CON DIFERENTES DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE ROCA FOSFORICA (RF) Y SUPERFOSFATO TRIPLE (SFT) EN SUELOS DE SABANA ABIERTA DE HUIMANGUILLO, TABASCO (SUMA DE CINCO CORTES, SEGUNDO AÑO)¹.

Fuentes de fósforo	Métodos de aplicación ²	Materia seca (ton/ha) ^{3,4}				Promedio	Yi
		35	70	140	280		
		— P ₂ O ₅ (kg/ha) —					
RF	B ^b	2.8	4.6	6.4	7.6	5.3	6.3 ^a
	VI ^a	5.5	6.0	7.1	8.4	6.7	
	VSI ^a	4.8	5.0	7.6	8.0	6.5	
	\bar{X}	4.3	5.4	7.0	8.0		
SFT	B	4.7	6.2	6.7	8.0	6.4	6.8 ^a
	VI	4.8	7.0	9.0	8.3	7.2	
	VSI	4.8	7.1	7.2	8.5	6.9	
	\bar{X}	4.7	6.7	7.6	8.2		
Promedio		4.5 ^c	6.1 ^b	7.3 ^a	8.1 ^a		

1. Datos obtenidos del 7 de diciembre/88 al 29 de diciembre/89

2. B: banda; VI: voleo incorporado; VSI: voleo sin incorporar

3. Testigo sin fósforo (1.9 ton/ha)

3. Aplicación anual de fósforo (7.6 ton/ha)

DMSH_i = 0.57 (ton/ha)

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes

CUADRO 5. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL PASTO CHONTALPO CON DIFERENTES DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE ROCA FOSFORICA (RF) Y SUPERFOSFATO TRIPLE (SFT) EN SUELOS DE SABANA ABIERTA DE HUIMANGUILLO, TABASCO (SUMA DE CUATRO CORTES, TERCER AÑO)¹.

Fuentes de fósforo	Métodos de aplicación ²	Materia seca (ton/ha) ^{3,4}				Promedio	Yi
		35	70	140	280		
		— P ₂ O ₅ (kg/ha) —					
RF	B ^a	1.5	2.5	2.9	4.3	2.8	3.1 ^a
	VI ^a	3.0	2.8	3.9	4.1	3.4	
	VSI ^a	2.3	3.2	3.7	3.7	3.2	
	\bar{X}	2.2	2.8	3.5	4.0		

Continúa cuadro...

Continuación Cuadro 5

Fuentes de fósforo	Métodos de aplicación ²	Materia seca (ton/ha) ^{3,4}				Promedio	Δ Yi
		35	70	140	280		
		— P ₂ O ₅ (kg/ha) —					
SFT	B	1.8	3.1	3.2	4.3	3.1	3.2 ^a
	VI	1.8	3.1	4.0	4.0	3.2	
	VSI	3.1	3.1	3.3	3.9	3.3	
	\bar{X}	2.2	3.1	3.5	4.0		
Promedio		2.2 ^c	2.9 ^b	3.5 ^{ab}	4.0 ^a		

1. Datos obtenidos del 29 de diciembre/89 al 6 de diciembre/90

2. B: banda; VI: voleo incorporado; VSI: voleo sin incorporar

3. Testigo sin fósforo (1.9 ton/ha)

4. Aplicación anual de fósforo (3.3 ton/ha)

DMSHi = 0.34 (ton/ha)

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes

CUADRO 6. RENDIMIENTO TOTAL DE MATERIA SECA DEL PASTO CHONTALPO CON DIFERENTES DOSIS Y MÉTODOS DE APLICACION DE ROCA FOSFORICA (RF) Y SUPERFOSFATO TRIPLE (SFT) EN SUELOS DE SABANA ABIERTA DE HUIMANGUILLO, TABASCO (SUMA DE CATORCE CORTES, TOTAL DE TRES AÑOS)¹.

Fuentes de fósforo	Métodos de aplicación ²	Materia seca (ton/ha) ^{3,4}				Promedio	Δ Yi
		35	70	140	280		
		— P ₂ O ₅ (kg/ha) —					
RF	B ^p	12.5	15.1	18.5	23.2	17.3	19.6 ^b
	VI ^a	17.7	17.8	24.2	27.3	21.7	
	VSI ^{ab}	14.3	17.7	23.3	24.0	19.8	
	\bar{X}	14.8	16.8	22.0	24.8		
SFT	B	15.7	22.4	24.1	31.5	23.4	24.6 ^a
	VI	17.1	22.5	30.4	31.8	25.4	
	VSI	18.2	23.6	26.1	32.3	25.0	
	\bar{X}	17.0	22.8	26.8	31.8		
Promedio		15.9 ^d	19.8 ^c	24.4 ^b	28.3 ^a		

1. Datos obtenidos del 21 de diciembre/87 al 6 de diciembre/90

2. B: banda; VI: voleo incorporado; VSI: voleo sin incorporar

3. Testigo sin fósforo (8.3 ton/ha)

4. Aplicación anual (22.7 ton/ha)

DMSHi = 1.4. (ton/ha)

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes

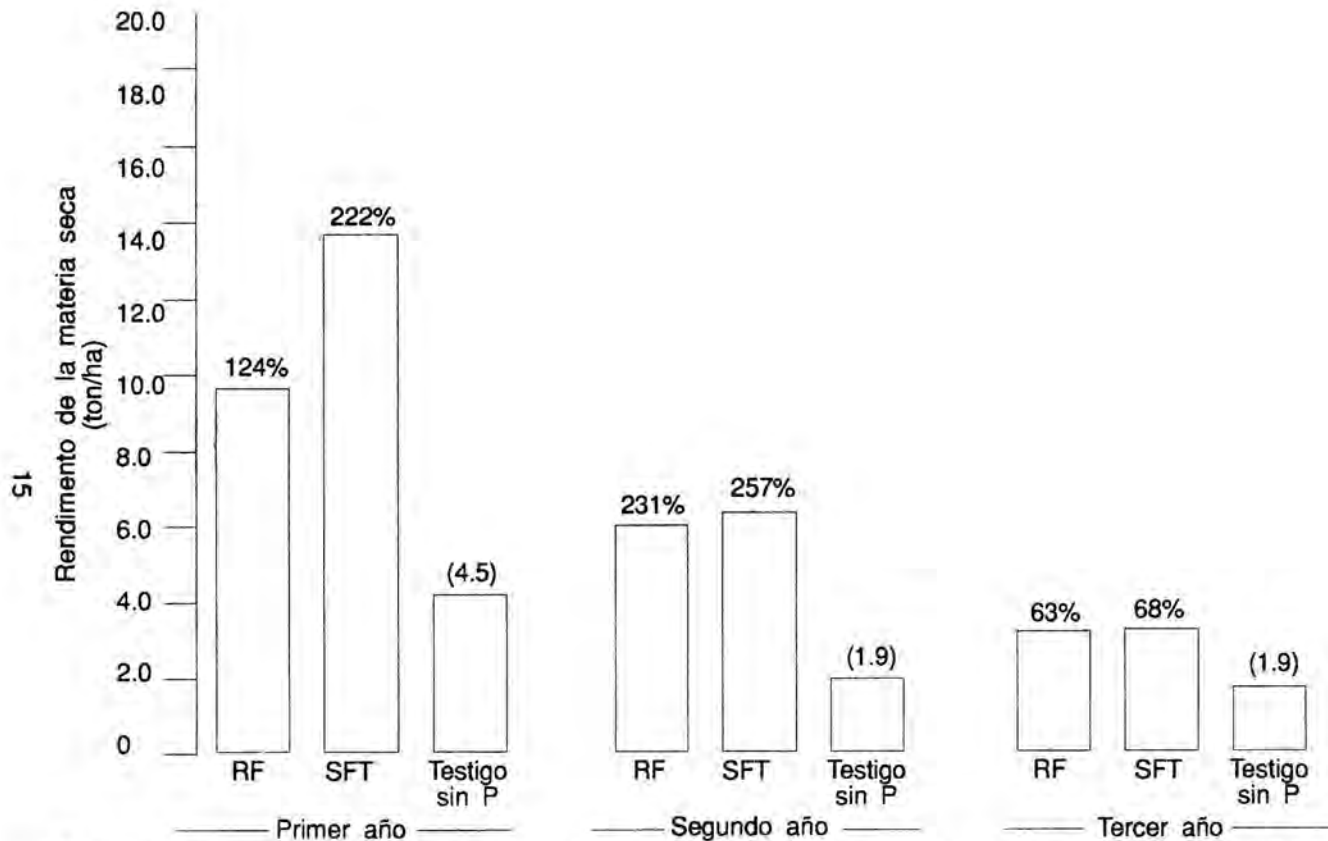


Figura 1. Efecto de la RF y el SFT en el rendimiento de materia seca del pasto Chontalpo durante el primero, segundo y tercer año en suelos de sabana abierta, Huimanguillo, Tabasco (X de cuatro dosis de fósforo y tres métodos de aplicación).

En los cuadros 7, 8, 9 y 10 se presenta, en forma respectiva, el rendimiento de materia seca del primero, segundo y tercer año, así como el total de tres años en los suelos de lomerío. En la Figura 2 se han graficado los resultados parciales de los tres años de las fuentes de fósforo (\bar{X} de cuatro dosis y tres métodos de aplicación) en comparación al testigo sin fósforo, en donde se puede observar su influencia sobre la producción de forraje.

CUADRO 7. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL PASTO CHONTALPO CON DIFERENTES DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE ROCA FOSFORICA (RF) Y SUPERFOSFATO TRIPLE (SFT) EN SUELOS DE LOMERIO DE HUIMANGUILLO, TABASCO (SUMA DE CINCO CORTES, PRIMER AÑO)¹

Fuentes de fósforo	Métodos de aplicación ²	Materia seca (ton/ha) ²				Promedio	Yi
		35	70	140	280		
		— P ₂ O ₅ (kg/ha)—					
RF	B ^b	13.8	15.6	15.8	16.1	15.3	16.6 ^b
	VI ^a	12.8	15.6	18.2	19.3	16.4	
	VSI ^a	17.8	17.8	18.0	18.8	18.1	
	\bar{X}	14.8	16.3	17.3	18.0		
SFT	B	18.4	17.8	22.0	21.2	19.8	20.3 ^a
	VI	18.5	17.6	22.8	22.6	20.3	
	VSI	18.3	19.6	22.6	22.5	20.7	
	\bar{X}	18.3	18.3	22.4	22.1		
Promedio		16.6 ^b	17.3 ^b	19.9 ^a	20.0 ^a		

¹. Datos obtenidos del 28 de diciembre/87 al 13 de diciembre/88

². B: banda; VI: voleo incorporado; VSI: voleo sin incorporar

³. Testigo sin fósforo (12.7 ton/ha)

DMSHi = 0.95 (ton/ha)

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes

CUADRO 8. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL PASTO CHONTALPO CON DIFERENTES DOSIS Y MÉTODOS DE APLICACION DE ROCA FOSFORICA (RF) Y SUPERFOSFATO TRIPLE (SFT) EN SUELOS DE LOMERIO DE HUIMANGUILLO, TABASCO (SUMA DE CINCO CORTES, SEGUNDO AÑO)¹.

Fuentes de fósforo	Métodos de aplicación ²	Materia Seca (ton/ha) ^{3,4}				Promedio	Δ Yi
		35	70	140	280		
		— P ₂ O ₅ (KG/ha) —					
RF	B ^a	16.0	15.9	18.2	14.0	16.0	16.0 ^b
	VI ^a	14.0	14.4	16.5	16.4	15.3	
	VSI ^a	14.0	18.0	17.3	16.7	16.5	
	\bar{X}	14.6	16.1	17.3	16.0		
SFT	B	14.5	15.2	17.9	17.8	16.3	16.9 ^a
	VI	15.9	15.0	18.8	18.9	17.1	
	VSI	14.4	15.9	19.1	19.0	17.1	
	\bar{X}	14.9	15.3	18.6	18.5		
Promedio		14.8 ^b	15.7 ^{bc}	17.9 ^a	17.1 ^{ab}		

¹. Datos obtenidos del 13 de diciembre/88 al 29 diciembre/89

². B: banda; VI: voleo incorporado; VSI: voleo sin incorporar

³. Testigo sin fósforo (11.0 ton/ha)

⁴. Aplicación anual de fósforo (17.1 ton/ha)

DMS_{Hi} = 0.88 (ton/ha)

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes

CUADRO 9. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL PASTO CHONTALPO CON DIFERENTES DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE ROCA FOSFORICA (RF) Y SUPERFOSFATO TRIPLE (SFT) EN SUELOS DE LOMERIO DE HUIMANGUILLO, TABASCO (SUMA DE CINCO CORTES, TERCER AÑO)¹.

Fuentes de fósforo	Métodos de aplicación ²	Materia seca (ton/ha) ^{2,3}				Promedio	Δ Yi
		35	70	140	280		
		— P ₂ O ₅ (kg/ha) —					
RF	B ^a	8.5	9.3	11.4	8.3	9.3	8.9 ^a
	VI ^a	7.4	6.6	10.7	8.8	8.3	
	VSI ^a	8.2	9.7	8.3	9.4	8.9	
	\bar{X}	8.0	8.5	10.1	8.8		

Continúa Cuadro...

Continuación Cuadro 9

Fuentes de fósforo	Métodos de aplicación ²	Materia seca (ton/ha) ^{2,3}				Promedio	Yi
		35	70	140	280		
		———— P ₂ O ₅ (kg/ha) ————					
SFT	B	7.9	7.6	10.5	10.5	9.1	8.8 ^a
	VI	7.3	8.5	10.3	10.7	9.2	
	VSI	7.3	7.4	8.4	9.4	8.1	
	\bar{X}	7.5	7.8	9.7	10.2		
Promedio		7.7 ^c	8.1 ^{bc}	9.9 ^a	9.5 ^{ab}		

1: Datos obtenidos del 29 de diciembre/89 al 19 de diciembre/90

2: B: banda; VI: voleo incorporado; VSI: voleo sin incorporar

3: Testigo sin fósforo (5.3 ton/ha)

4: Aplicación anual de fósforo (10.4 ton/ha)

DMSHi = 0.76 (ton/ha)

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes

CUADRO 10. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL PASTO CHONTALPO CON DIFERENTES DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE ROCA FOSFORICA (RF) Y SUPERFOSFATO TRIPLE (SFT) EN SUELOS DE LOMERIO DE HUIMANGUILLO, TABASCO (SUMA DE QUINCE CORTES, TOTAL DE TRES AÑOS)¹

Fuentes de fósforo	Métodos de aplicación ²	Materia seca (ton/ha) ^{3,4}				Promedio	Yi
		35	70	140	280		
		———— P ₂ O ₅ (kg/ha) ————					
RF	B ^a	38.4	40.9	45.3	38.5	40.7	41.5 ^b
	VI ^a	34.3	36.5	45.6	44.6	40.2	
	VSI ^a	40.1	45.6	43.7	45.0	43.6	
	\bar{X}	37.6	41.0	44.8	42.7		
SFT	B	40.9	40.6	50.4	49.6	45.3	46.0 ^a
	VI	41.8	41.2	51.9	52.3	46.8	
	VSI	40.1	42.9	50.1	51.0	46.00	
	\bar{X}	40.9	41.5	50.8	50.9		
Promedio		39.2 ^b	41.2 ^b	47.8 ^a	46.8 ^a		

1: Datos obtenidos del 28 de diciembre/87 al 19 de septiembre

2: B: banda; VI: voleo incorporado; VSI: voleo sin incorporar

3: Testigo sin fósforo (29.1 ton/ha)

4: Aplicación anual de fósforo (49.5 ton/ha)

DMSHi = 1.9 (ton/ha)

Medias con letras diferentes son estadísticas diferentes

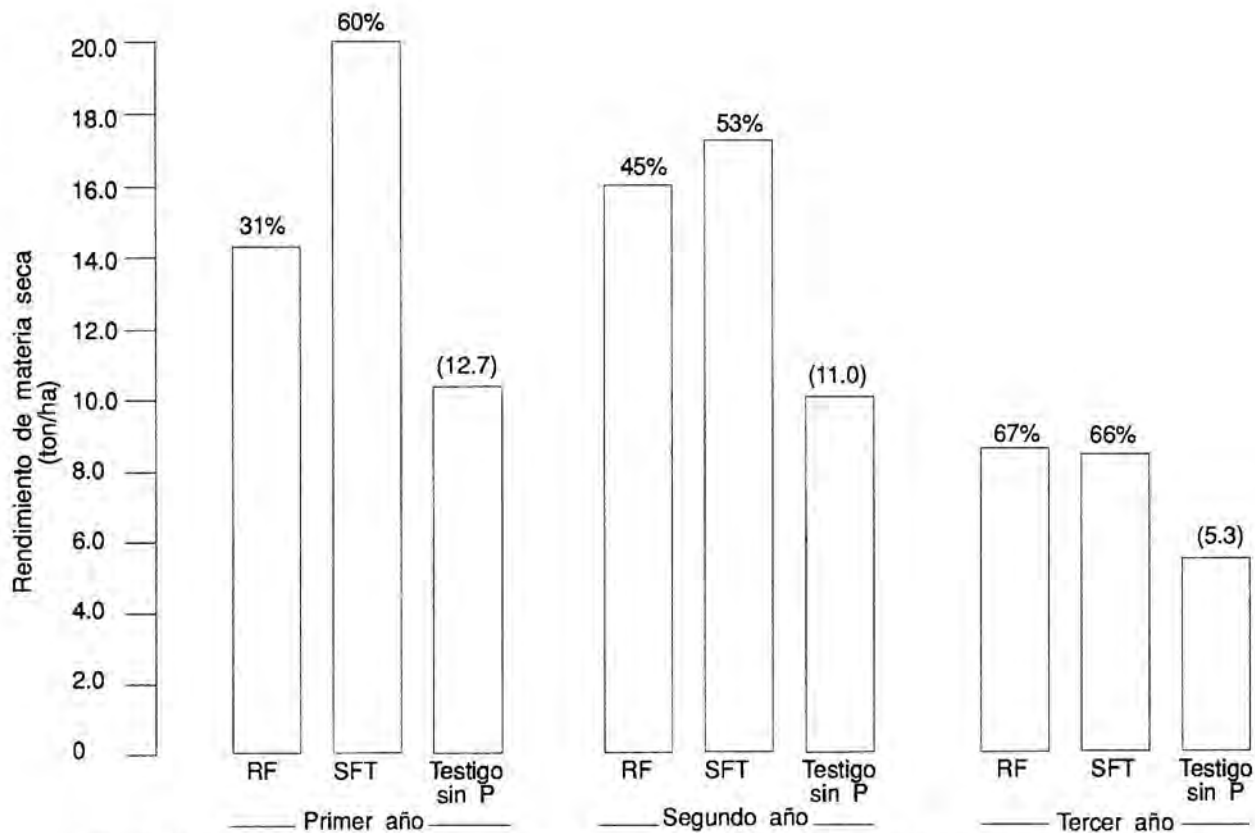


Figura 2. Efecto de la RF y el SFT en el rendimiento de materia seca del pasto Chontalpo durante el primero, segundo y tercer año en suelos de Lomerío, Huimanguillo, Tabasco (\bar{X} de cuatro dosis de fósforo y tres métodos de aplicación).

El primer año, la capacidad de las fuentes de fósforo para promover producción de forraje fue significativamente diferente; la fuente hidrosoluble produjo los más altos rendimientos de materia seca, el SFT incrementó la producción en 60% y la RF en 31% en comparación al testigo sin fósforo. En el segundo año el SFT abatió la producción de forraje y su eficiencia fue significativamente diferente a la fuente de baja reactividad; la RF incrementó su eficiencia del primero al segundo año, de 31 a 45%, en comparación al testigo sin fósforo. Al tercer año, la RF llegó a igualar la eficiencia de la fuente hidrosoluble, ya que no hubo diferencias significativas entre fuentes de fósforo, e incrementó su eficiencia a 67% en comparación al testigo sin fósforo, la cual es superior a la eficiencia que se obtuvo en los años anteriores.

Efecto de dosis de fósforo

En los cuadros 3, 4, 5 y 6 se presenta el rendimiento de materia seca correspondiente a tres años consecutivos de cortes y el total de tres años para los suelos de sabana abierta. Dichos resultados se han graficado en la Figura 3, en donde se puede observar claramente la influencia de los niveles de fósforo sobre el rendimiento de materia seca.

De acuerdo con tal información, la respuesta de la gramínea forrajera a los niveles de fósforo fue positiva y altamente significativa, tanto para los tres años consecutivos de cortes como para el total de tres años; las mayores producciones de materia seca se obtuvieron con los niveles más altos de fósforo, siendo el testigo sin fósforo el que produjo los rendimientos significativamente más bajos. La respuesta tan marcada a los niveles de fósforo estuvo muy asociada a los contenidos de fósforo asimilable en el suelo (Cuadro 1), lo cual confirma que el fósforo en los suelos Ultisoles es un factor limitante en el establecimiento y producción de forraje de pastos mejorados. El efecto residual de los niveles de fósforo de la RF llegó a igualar pero no a superar al efecto residual de la fuente hidrosoluble. La aplicación anual de fósforo como superfosfato triple no logró superar al efecto residual del nivel de 280 kg de P_2O_5 /ha como RF y SFT.

El rendimiento total de materia seca de los tres años se utilizó para obtener regresiones y correlaciones, de tal manera de precisar los niveles de fósforo con los cuales se logra la máxima producción de forraje. Los niveles de fósforo así obtenidos fueron 275 y 270 kg de P_2O_5 /ha para el SFT y RF, respectivamente (Figura 4).

En los cuadros 7, 8, 9 y 10 se presenta el rendimiento de materia seca que corresponde a tres años consecutivos de cortes y al total de tres años para los

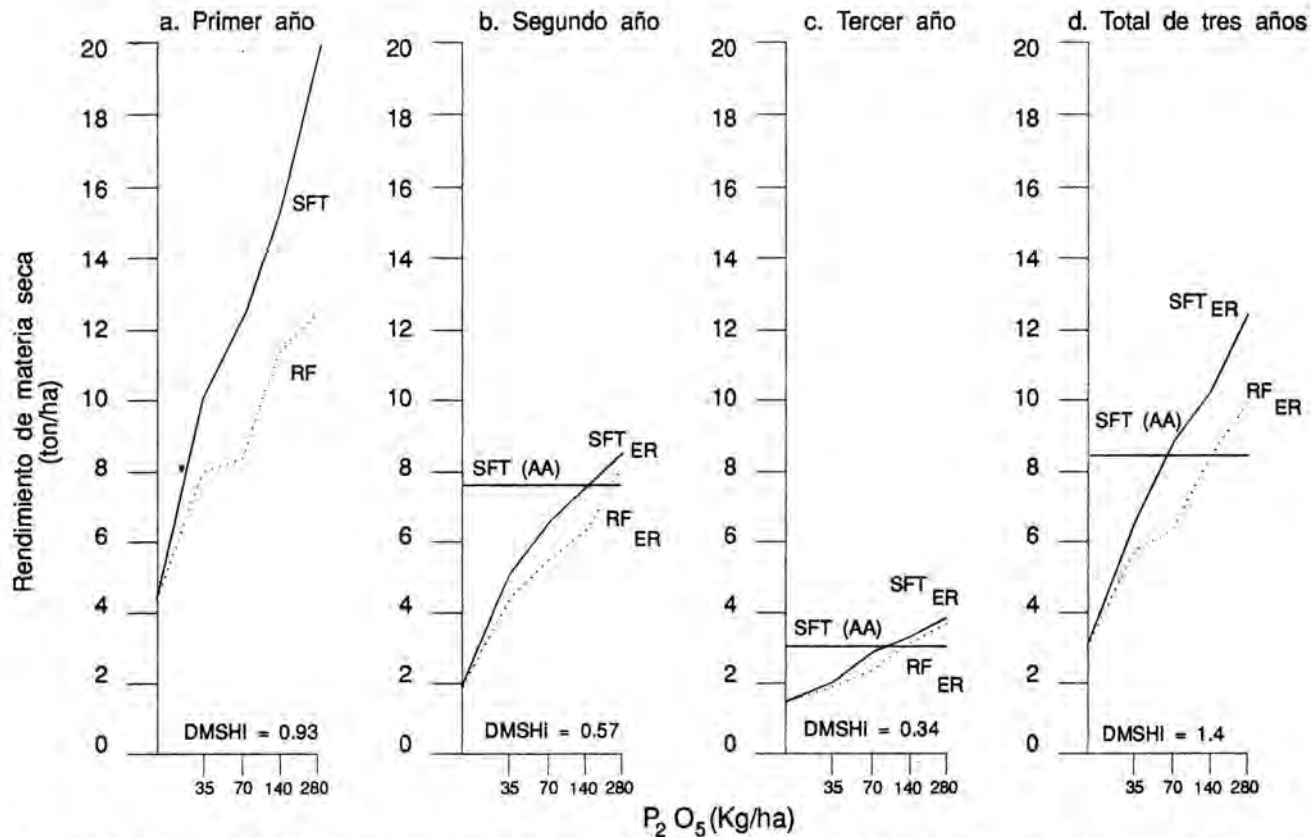


Figura 3. Respuesta del pasto Chontalpo a la RF y al SFT con diferentes dosis de fósforo durante el primero (a), segundo (b), tercero (c) y total de tres años (d) en suelos de sabana abierta, Huimanguillo, Tabasco (X de tres métodos de aplicación).

suelos de lomerío. Los resultados a los cuales se hace referencia han sido graficados en la Figura 5, en donde se observa de manera clara el efecto de los niveles de fósforo sobre la producción de materia seca.

De acuerdo con la información de los cuadros y figuras citados, se puede afirmar que la respuesta de la gramínea forrajera a los niveles de fósforo fue positiva y altamente significativa, tanto en los tres años consecutivos de cortes como en el total de tres años; las mayores producciones de materia seca se obtuvieron con los niveles más altos, en donde el testigo sin fósforo produjo los rendimientos significativamente más bajos. La respuesta tan marcada a los niveles de fósforo también estuvo fuertemente asociada a los bajos contenidos de fósforo asimilable en el suelo (Cuadro 2), con lo cual se confirma que en este tipo de suelos el fósforo es un factor limitante de la producción de forraje de pastos mejorados. El efecto residual de los niveles de fósforo como RG llegó a igualar e incluso a superar al efecto residual de la fuente hidrosoluble. La aplicación anual de fósforo como FT superó al efecto residual de los niveles de fósforo como RF y SFT.

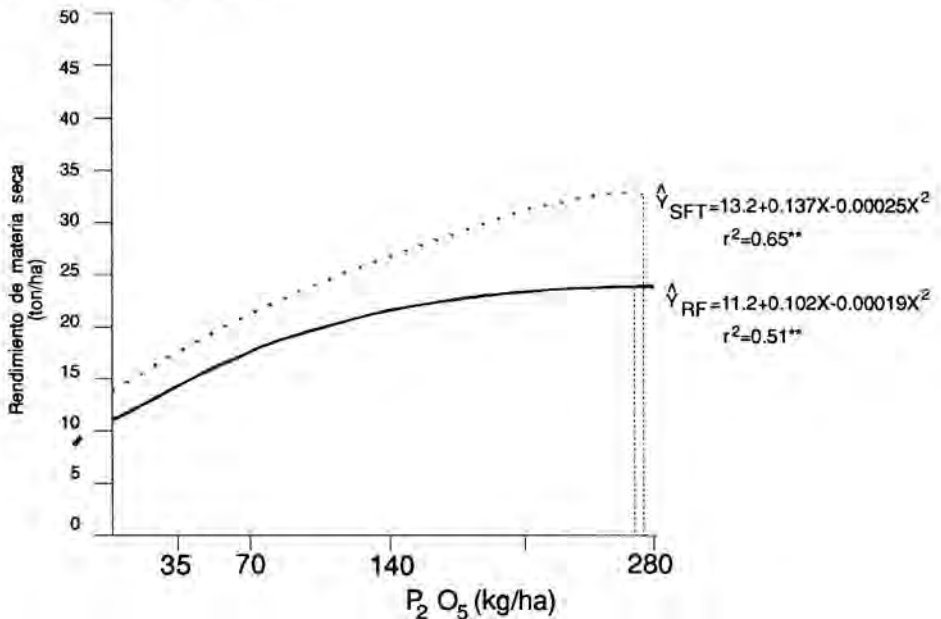


Figura 4. Relación entre el rendimiento de materia seca del pasto Chontalpo y dosis de fósforo como RF y SFT en suelos ácidos de Huimanguillo, Tabasco (promedio de tres métodos de aplicación, sitio sabana abierta).

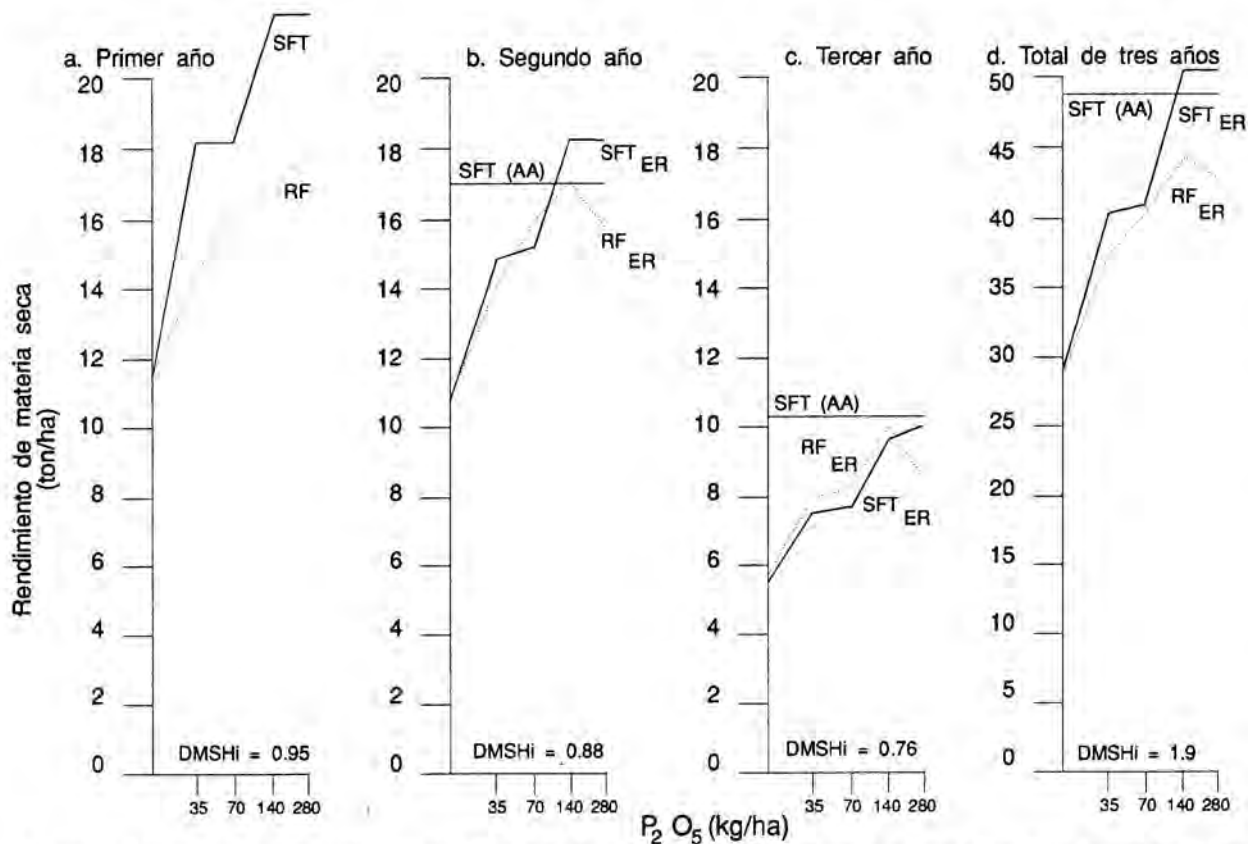


Figura 5. Respuesta del pasto Chontalpo a la RF y al SFT con diferentes dosis de fósforo durante el primero (a), segundo (b), tercero (c) y total de tres años (d) en suelos de Lomerío, Huimanguillo, Tabasco (X de tres métodos de aplicación).

El rendimiento total de materia seca de tres años se utilizó también para obtener regresiones y correlaciones, para así determinar los niveles de fósforo con los cuales se logró la máxima producción de forraje. Los niveles de fósforo así obtenidos fueron de 230 y 190 kg de P_2O_5 /ha para el SFT y la RF, respectivamente (Figura 6).

Los resultados que se han presentado demuestran que la RF de Baja California tiene capacidad para promover producción de forraje en la gramínea forrajera. En un principio la eficiencia de la RF fue inferior al SFT; sin embargo, con el tiempo la fuente de fósforo de baja reactividad llegó a igualar e incluso a superar a la fuente hidrosoluble. La información anterior concuerda con la que se ha cosignado en suelos ácidos de América Tropical (CIAT, 1977, 1978; Hammond y col 1982; Meléndez y col. 1976a y 1976b; Enríquez, 1984; Martínez, 1986; Pérez, 1986; Pastrana, 1985 y 1990).

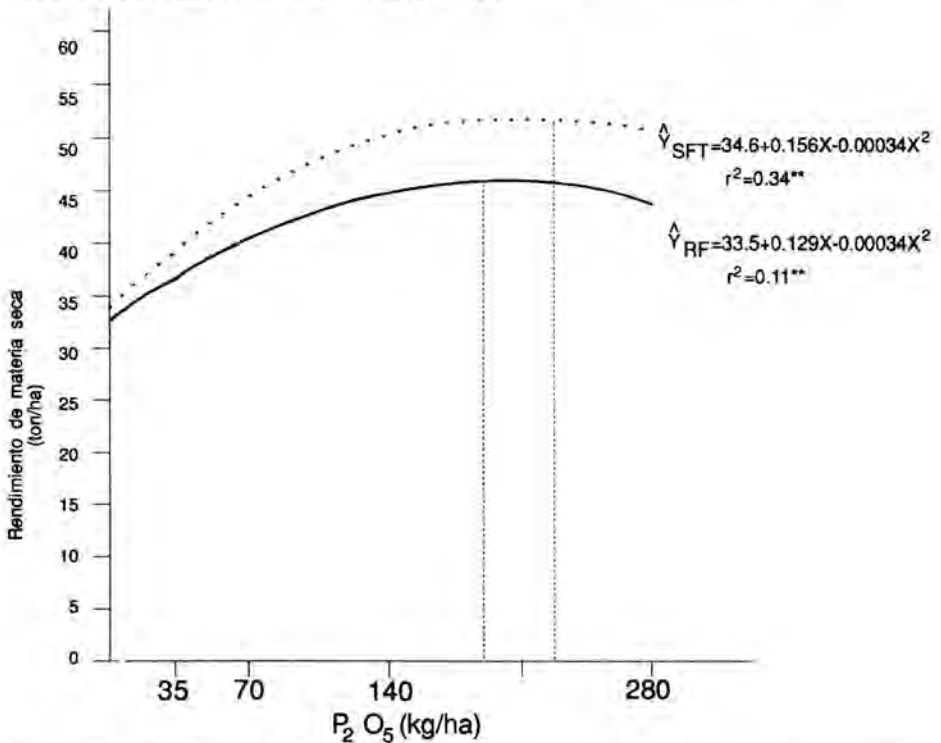


Figura 6. Relación entre el rendimiento de materia seca del pasto de Chontalpo y dosis de fósforo como RF y SFT en suelos ácidos de Huimanguillo, Tabasco. (Promedio de tres métodos de aplicación, sitio Lomeríos).

Efecto de métodos de aplicación

Los efectos de los métodos de aplicación de las fuentes de fósforo en suelos de sabana abierta y de lomerío quedan de manifiesto en los datos de los cuadros que se han estado citando. Tanto en los suelos de sabana abierta como en los de lomerío, los mejores métodos de aplicación durante el primer año fueron al VI y al VSI, lo cual es importante, ya que significa que la RF como una fuente de fósforo de baja reactividad puede aplicarse en forma directa sobre la superficie del suelo en praderas ya establecidas; tal información concuerda con lo indicado por el programa de pastos tropicales para suelos ácidos de Colombia (CIAT, (3), 1979). En el segundo y tercer año los métodos de aplicación ya no tuvieron ningún efecto significativo sobre la producción de materia seca, es decir resultaron indistintos.

CONCLUSIONES

1. La RF, tanto en los suelos de sabana abierta como en los de lomerío, incrementó significativamente la producción de materia seca en comparación al testigo sin fósforo; al principio su eficiencia fue más baja que el SFT, pero con el tiempo logró igualarlo.
2. La respuesta a fósforo como RF en ambos sitios fue clara y significativa; la máxima producción de materia seca se obtuvo con los niveles de 270 y 190 kg de P_2O_5 /ha en los suelos de sabana abierta y de lomerío, respectivamente. El testigo sin fósforo presentó los rendimientos más bajos de materia seca.
3. El primer año, los métodos de aplicación al VI y al VSI incrementaron significativamente los rendimientos de materia seca en ambos sitios, y en el segundo y tercero la eficiencia de los métodos resultó indistinta.
4. El efecto residual de los niveles de fósforo como RF en los suelos de sabana abierta igualó al de la fuente hidrosoluble, y en los suelos de lomerío llegó a superar al efecto residual del SFT.
5. La aplicación anual de fósforo como SFT en los suelos de sabana abierta no llegó a superar al efecto residual del nivel de 280 kg de P_2O_5 /ha como RF y SFT, y en los suelos de lomerío superó al efecto residual de todos los niveles de fósforo como RF y SFT.

LITERATURA CITADA

1. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1977. *Informe anual*. Cali, Colombia.
2. _____, 1978. *Informe anual*. Cali, Colombia.
3. _____, 1979. *Informe anual*. Cali, Colombia.
4. Enríquez, Q.J.F. 1980-84. *Efecto de la fertilización con N, P (roca fosfórica) y K sobre la producción y valor nutritivo del pasto pangola (Digitaria decumbens) en suelos Acrisol órtico y clima Aw_o en Isla, Veracruz*. Campo Agrícola Experimental "Papaloapan", Cd. Isla, Veracruz. (Informe de Investigación).
5. Hammond, L.L, L.A. León y L. G. Restrepo. 1982. *Efecto residual de las aplicaciones de 7 fuentes de fósforo sobre el rendimiento de Brachiaria decumbens en un Oxisol de Carimagua*. Suelos Ecuatoriales V(XII) No. 2: 196-206. Memorias de VII coloquio de suelos. Villavicencio, Colombia.
6. Martínez, R.A. 1986. *Evaluación de roca fosfórica de Baja California con pasto señal (Brachiaria decumbens) en un suelo Ultisol de la sabana de Huimanguillo, Tabasco*. Tesis profesional. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco. 66 p.
7. Meléndez, N.F., A. González y J. Pérez. 1976a. Evaluación de roca fosfórica y molibdeno para el establecimiento de *Centrosema pubescens* en suelo de sabana. *Agricultura Tropical* 1(1): 64-72.
8. _____, N.F., J. Pérez y A. González. 1976b. *Valor de la roca fosfórica como fertilizante para el establecimiento de Macroptilium atropurpureum y Stylosanthes gayanensis en suelos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco*. En: Informe de Actividades Académicas 1975-76 y Avances de Investigación. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco. p. 103 y 104.
9. Pastrana, A.L., 1985. *Evaluación de roca fosfórica Baja California con pasto estrella de Africa (Cynodon plectostachyus) en un suelo Ultisol de la sabana de Huimanguillo, Tabasco*. Tesis de Maestro en Ciencia. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco. 145 p.
10. _____, 1990. *Evaluación de roca fosfórica con pasto Chontalpo (Brachiaria decumbens) y Llanero (Andropogon gayanus) en suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco*. Campo Experimental Forestal y Agropecuario "Huimanguillo". Huimanguillo, Tabasco. (Informe de Investigación).
11. Pérez, H.N. 1986. *Evaluación de roca fosfórica Baja California con pasto Andropogon gayanus Kunth en un suelo Ultisol de la sabana de Huimanguillo, Tabasco*. Tesis profesional. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco. 68 p.