

Rendimiento de especies forrajeras y caracterización de suelos degradados por erosión hídrica

Forage yield and soil characterization in soils degraded by water erosion

P. Betancourt Yanez¹, A. Hernández Garay²,
J. L. Oropeza³ y V. Ordaz Chaparro³

Resumen

Con la finalidad de hacer un diagnóstico del terreno y evaluar el rendimiento en materia seca de pasto rhodes (*Chloris gayana*), pasto nativo (*Hilaria cenchroides*) y alfalfa (*Medicago sativa*) en suelos degradados por erosión hídrica, se realizó una caracterización física y química del terreno y una determinación del rendimiento de materia seca (cada 30 días) de las tres especies durante el periodo de lluvias (junio–octubre). Se utilizó un análisis estadístico multivariado para cuantificar el grado de correlación entre las variables. Este estudio se realizó en la parte Este de la cuenca del río Coxacoaco en el estado de México y se trabajó con parcelas de 16 m² con una pendiente entre 8 y 10%. Para el análisis de rendimiento se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que el suelo es heterogéneo en características, propiedades y con ciertas restricciones para el desarrollo de la raíces en profundidad, por la dureza de sus capas. Los rendimientos de las especies fueron irregulares durante el periodos de evaluación, siendo la alfalfa la de rendimiento total mas alto (10667,1 Kg ha⁻¹), pero estadísticamente igual (P>0,05) al rendimiento del pasto rhodes (10295,8 Kg ha⁻¹) y éstos rendimientos (alfalfa y rhodes) a su vez, superiores y estadísticamente diferentes (P<0,05) al rendimiento del pasto nativo (8241,7 Kg ha⁻¹). En lo económico la alfalfa presentó los mayores beneficios.

Palabras clave: materia seca, *Chloris gayana*, *Hilaria cenchroides*, *Medicago sativa*, estadística multivariada

Recibido el 13-9-2000 ● Aceptado el 14-5-2001

1. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Fonaiaop-Lara. Barquisimeto, estado Lara. CP 592. Venezuela. E-mail: pedrob_99@yahoo.com

2. Colegio de Postgraduados. Especialidad de ganadería. Montecillo estado de México. CP 56230. México.

3. Colegio de Postgraduados. Especialidad de edafología. Montecillo estado de México. CP 56230. México.

Abstract

The objective of this study was to carry out a soil diagnosis and evaluate the dry matter yield of rhodes grass (*Chloris gayana*), native grass (*Hilaria cenchroides*) and alfalfa (*Medicago sativa*) in a water erosion degraded soil. The work included a physical and chemical characterization of the soil, and measurement of dry matter yield in each specie during the rainy period (june-october) every 30 days for five months. A multivariate statistical analysis procedure was run to evaluate the degree of correlation among the variables studied. This study was carried out on the east side of the Coxacoaco river basin in Mexico state on plots of 16 m² with 8-10% slopes. For analysis of yield data a random block design with four replicates was used. Results showed that soil was heterogeneous in its characteristics and properties with some restrictions for deep roots penetration and development due to hard soil layers. Yields of species were irregular over the evaluation period. Alfalfa had the highest yield (10667,1 Kg ha⁻¹) but not significantly different (P>0.05) when compared to Rhodes grass (10295,8 Kg ha⁻¹). Both species had significantly (P<0.05) higher yields than native grass (8241,7 Kg ha⁻¹). Alfalfa produced the highest economic benefits.

Key words: dry matter, *Chloris gayana*, *Hilaria cenchroides*, *Medicago sativa*, multivariate analysis

Introducción

La ganadería bovina constituye una importante fuente de alimentación y al mismo tiempo permite utilizar suelos marginales, sin embargo, puede ser causa de serios problemas de degradación (2). Se ha observado que la erosión es baja en praderas bien manejadas, pero también se han reportado severas pérdidas de suelo en terrenos sobrepastoreados (11). Existen en México pastizales y matorrales en 23 estados que ocupan en conjunto 53,7% de la superficie total del país (9), con una diversidad de gramíneas y leguminosas que le dan importancia pecuaria a estas zonas, al ser el alimento más barato de la ganadería mexicana, además son de alto valor forrajero y casi 100% de la materia seca producida se aprovecha (12). Un

manejo eficiente de los pastizales no contempla solo altas producciones por animal o por hectárea a mínimos costos, sino también otros aspectos como conservación de los recursos suelo y planta, es decir, el desarrollo de sistemas de producción sostenibles. Se hace necesario entonces, plantear investigaciones para cuantificar el grado de erosión de los suelos de praderas y los rendimientos de las especies forrajeras presentes. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de tres especies forrajeras en suelos erosionados y determinar las características físicas y químicas del suelo, que de una u otra manera inciden en el rendimiento de las especies. El conocimiento de las características del suelo es una de las

herramientas que permite iniciar un plan de manejo adecuado del ecosistema pastizal. Además del rendimiento de las especies, es

necesario determinar, de la manera más acorde a las condiciones, los aspectos económicos relacionados a los sistemas de producción pecuarios.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la parte Este de la Cuenca del Río Coxacoaco, localizada entre los paralelos 98° 47' 55" de longitud Oeste y 19° 29' 53" de latitud Norte, en San Miguel Tlaixpan, estado de México. La zona se ubica a 2550 msnm, con un clima, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (6), que se define como C (wo)(wb)(i) templado húmedo, con lluvias en verano y en invierno menores de 5% de la lluvia total y temperatura media entre 12 y 18 °C. Esta situada sobre una ladera de un interflujo perpendicular a la pendiente principal y presenta pendiente promedio de 8 a 10%, con alto grado de erosión hídrica,

básicamente por efecto de sobrepastoreo (8).

Caracterización del suelo.

Se seleccionó una parte de la cuenca destinada a la producción pecuaria, específicamente las praderas con gramíneas nativas (*Hilaria cenchroides*), pasto rhodes (*Chloris gayana*) y alfalfa (*Medicago sativa*). Se delimitaron dos parcelas de 16 m² en cada pradera donde se tomaron tres muestras de suelo con dos repeticiones a 20 cm de profundidad, para la caracterización física y química del terreno, obteniéndose un total de 18 muestras, a las que se le realizaron las siguientes determinaciones (1, 4, 5, 14)

Determinaciones

Análisis mecánico
Estabilidad de agregados
Densidad aparente

Densidad real
Capacidad de campo
Resistencia a la penetración
Conductividad hidráulica saturada
Reacción del suelo (pH)

Conductividad eléctrica
Nitrógeno total
Materia orgánica

Método

Hidrómetro de Bouyoucos
Yoder
Cilindros de volumen conocido, Umland
Picnómetro
Olla de presión
Penetrómetro
Permeámetro de carga constante
Potenciómetro con una relación 1:2 en agua
Puente de conductividad
Semi Micro-Kjeldahl
Walkley y Black

Producción de materia seca de las especies forrajeras.

En seis parcelas de 16 m² cada

una, se midió mensualmente la producción de materia seca durante todo el período de lluvias (julio a octubre

de 1999) de dos gramíneas (pasto nativo y rhodes) y una leguminosa (alfalfa). Para ello se tomaron cuatro muestras de 0.1 m², por parcela, utilizando un marco cuadrado de 50 cm x 20 cm, y luego de secarlo a la estufa se pesó para obtener la cantidad de materia seca por unidad de área. El corte se realizó a 5 cm de altura. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones y para la prueba de medias se utilizó Tukey al 5%. Para esto fue aplicado el programa de computo Statistical Analysis System (SAS, v.6,12). Adicionalmente se realizó un análisis económicos de los rendimientos para

cada especie, considerando el rendimiento, los gastos en insumos y los precios equivalentes por kilogramo de materia seca.

Análisis multivariado.

Con los datos de rendimiento de cada especie y las determinaciones físicas y químicas se realizó un análisis estadístico de componentes principales mediante el programa Statistical Analysis System (SAS; v. 6,12), para determinar el grado de asociación entre las diferentes variables y el efecto de las característica y propiedades del suelo sobre el rendimiento de las especies.

Resultados y discusión

Caracterización.

Determinaciones químicas: Los valores de pH indicaron que el suelo es ácido, a excepción de un punto de muestreo donde se observó un valor por encima de 7,0. No se presentan problemas de salinidad pues los valores de conductividad eléctrica estuvieron por debajo de 2 dS m⁻¹ (15), incluso el 88% de las muestras presentaron valores inferior a 1 dS m⁻¹. En cuanto al contenido de materia orgánica, se observa un comportamiento heterogéneo presentando valores desde 0,92% hasta 2,72% con 38,0% de las muestras con valores superiores a 2%. Según el promedio (1,9%) este suelo es considerado como de contenido medio (15). Con base a los contenidos de nitrógeno total el suelo es medianamente pobre, pues sus valores fluctúan entre 0,05 y 0,17% (cuadro 1).

Determinaciones físicas: El 94%

de la densidad aparente presentó valores superiores a 1,5 Mg m⁻³, lo que indica que el suelo en estudio es bastante compacto, debido principalmente al material de origen (tobas volcánicas). Los valores altos de densidad aparente son indicativos de una baja porosidad total del suelo, estando éstos valores de porosidad alrededor de 30 a 35% (13). Por otro lado, los valores de densidad real no presentaron mucha fluctuación estando la mayoría por encima de 2,4 g cm⁻³. La dureza del suelo reduce el desarrollo de raíces pero a la vez aumenta la estabilidad estructural del suelo, y los valores observados así lo demuestran. Se puede catalogar este suelo de estable a muy estable. El análisis mecánico indica que es un suelo con características de franco y que su contenido de arcilla oscila alrededor de 30%. Los valores de

Cuadro 1. Determinaciones físicas y químicas para la caracterización del suelo

pH	C. E. (dS m ⁻¹)	M. O. (%)	N total	Da (Mg m ⁻³)	Dr	Resistencia (kg cm ⁻²)	Estabilidad				Clasificación Textural	C. C. (cm h ⁻¹)	Ks
							Estructural (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)			
6,00	0,38	2,22	0,13	1,55	2,51	35,43	93	29	24	47	Franco Arcillo Arenosa	19,84	0,14
6,15	0,62	1,39	0,90	1,60	2,44	10,97	89	35	21	44	Franco Arcillosa	25,03	0,21
6,50	0,56	2,20	0,14	1,53	2,46	14,62	88	31	16	53	Franco Arcillo Arenosa	19,43	0,19
6,15	0,55	1,68	0,11	1,65	2,44	15,71	90	41	15	44	Arcilla Arenosa	22,58	0,24
6,10	0,64	1,63	0,10	1,63	2,43	12,37	93	35	20	45	Franco Arcillosa	24,28	0,26
6,40	0,76	1,68	0,12	1,60	2,38	14,34	90	35	21	44	Franco Arcillosa	23,52	0,23
6,05	0,25	1,68	0,11	1,65	2,44	35,71	90	41	5	54	Arcilla Arenosa	22,58	0,24
5,80	1,24	1,87	0,11	1,63	2,44	25,59	93	25	30	45	Franco	23,21	0,21
5,90	1,11	1,87	0,11	1,63	2,43	28,40	89	29	19	52	Franco Arcillo Arenosa	20,88	0,21
6,20	0,35	2,14	0,14	1,68	2,44	30,15	93	35	20	45	Franco Arcillosa	23,97	0,14
6,25	0,55	1,91	0,11	1,60	2,45	28,12	92	25	22	53	Franco Arcillo Arenosa	22,67	0,15
6,05	0,62	0,92	0,05	1,58	2,45	32,34	96	39	20	41	Franco Arcillosa	28,07	0,21
6,25	0,35	2,14	0,14	1,68	2,44	35,15	91	37	20	43	Franco Arcillosa	23,97	0,12
6,25	0,58	1,91	0,12	1,60	2,47	13,78	91	39	21	40	Franco Arcillosa	27,14	0,04
6,40	0,37	1,91	0,12	1,60	2,50	15,18	89	27	14	59	Franco Arcillo Arenosa	20,85	0,14
6,50	0,38	2,22	0,13	1,55	2,51	25,43	93	34	20	46	Franco Arcillo Arenosa	19,84	0,14
6,40	0,84	2,18	0,14	1,51	2,45	17,72	90	35	19	46	Franco Arcillo Arenosa	20,63	0,18
7,30	0,38	2,72	0,17	1,49	2,39	24,46	91	35	18	47	Franco Arcillo Arenosa	21,88	0,15

CE=conductividad eléctrica MO= materia orgánica N= nitrógeno Da= densidad aparente Dr= densidad real
 CC= capacidad de campo Ks= conductividad hidráulica Resistencia= resistencia a la penetración

capacidad de campo fluctúan entre 19,4 y 28,0%, dependiendo del contenido de arcilla, es decir a mayores contenidos de arcilla se observaron los más altos valores de capacidad de campo. Para la conductividad hidráulica se observaron la mayoría de sus valores entre 0,12 y 0,26 cm h⁻¹, reflejando una conductividad hidráulica lenta (cuadro 1). La heterogeneidad del suelo, reflejada en las características físicas y químicas, es indicativo de suelos pedológicamente jóvenes que requieren una planificación de cultivos forrajeros estoloníferos agresivos para disminuir la fragilidad del sistema. El pasto rhodes por su adaptabilidad a diversas condiciones edáficas, constituye una excelente opción. Por otro lado, es necesario implementar un buen programa de manejo de rebaño para evitar el sobrepastoreo que se convertiría en otra fuente de compactación de éstos suelos.

Producción de materia seca.

La producción de materia seca de las especies estudiadas se presenta en el cuadro 2. Se observan diferencias en los rendimientos para cada fecha de evaluación. En junio los valores más altos correspondieron a la alfalfa siendo superior en 27 y 30% al pasto nativo y rhodes respectivamente. Durante julio se produjo una reducción en el rendimiento en materia seca de la alfalfa de 8,4% y un incremento en los pastos rhodes y nativo de 70 y 18%, respectivamente. De tal manera que el mayor rendimiento lo presentó el pasto rhodes siendo superior en 23,5% y 27,1% respecto a la alfalfa y pasto nativo. En agosto se produjo una reducción de rendimiento en el orden de 48,0; 38,8 y 37,3% en alfalfa, pasto

nativo y rhodes respectivamente, respecto a la evaluación anterior. El pasto rhodes presentó los rendimientos más alto, seguido del pasto nativo y alfalfa, observándose una diferencia de 28,9 y 37,0% a favor del rhodes respecto al nativo y alfalfa. En septiembre se observó un incremento en el rendimiento de materia seca en alfalfa de 32,7% respecto a la fecha anterior, mientras que los pastos rhodes y nativo manifestaron una reducción en el orden de 29,4 y 9,1%. Para esta evaluación el rendimiento más alto lo presentó la alfalfa siendo 15,4 y 22,6% superior a los pastos rhodes y nativo. En octubre (última evaluación) se presentó una reducción del rendimiento para las tres especies siendo más drástica en las dos gramíneas alcanzando valores de 54,3; 77,4 y 15,6% en rhodes, nativo y alfalfa respecto a la evaluación anterior, debido principalmente al descenso de la temperatura y a la reducción de la humedad del suelo, por disminución de la precipitación mensual (figura 1). Para esta evaluación el mayor rendimiento correspondió a la alfalfa, siendo 54,3 y 79,3% superior al pasto rhodes y al nativo. El rendimiento de las tres especies estuvo influenciada por la cantidad de lluvia, a medida que se redujo la lluvia se redujeron los rendimientos. La mejor respuesta a la precipitación fue para las dos gramíneas, del tal forma que durante el mes más lluvioso (julio) presentaron los máximos rendimientos, por su parte la alfalfa mostró los mayores rendimientos al principio y al final del período de lluvias.

Si comparamos los rendimientos totales tenemos que la alfalfa (10,7 tn)

Cuadro 2 . Producción mensual y total de materia seca de tres especies forrajeras kg ha⁻¹

Especie	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	Total
Alfalfa	3012,5a	2758,3b	1420,8b	1885,4a	1591,0a	10667,1a
Rhodes	2112,5c	3604,2a	2258,3a	1593,8a	727,1b	10295,8a
Nativo	2225,0b	2625,0b	1604,2b	1458,3a	329,2c	8241,7b

Medias con diferentes letras en la misma columna difieren estadísticamente ($P < 0.05$)

y el pasto rhodes (10,3 tn) presentaron los valores más alto y estadísticamente iguales entre si, pero superiores y diferentes estadísticamente a el rendimiento total del pasto nativo. Existen reportes de rendimiento en materia seca de alfalfa entre 11,8 y 13,0 tn ha⁻¹ año⁻¹ (8 cortes) y de pasto rhodes entre 5 y 15 t ha⁻¹ año⁻¹ (5 cortes) (9). En términos generales, los resultados muestran que el pasto nativo produjo alrededor de 20% menos

materia seca total que la alfalfa y el pasto rhodes. Al analizar el comportamiento mensual de las tres especies se observó que el mayor rendimiento de materia seca de la alfalfa se presentó al inicio de las lluvias (junio), el cual fue superior tanto al pasto nativo como al rhodes. Sin embargo, durante la temporada de máxima precipitación (julio-agosto) el pasto rhodes superó al pasto nativo y a la alfalfa. Durante el mes de

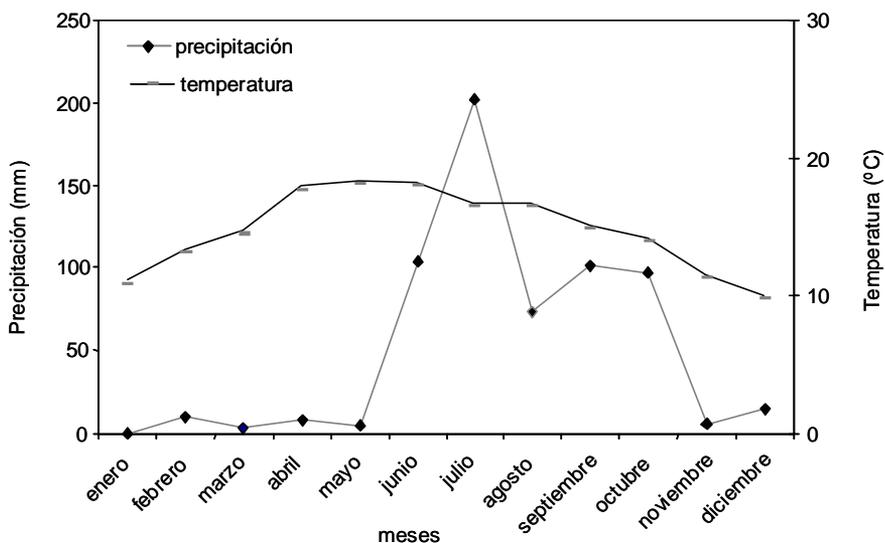


Figura 1. Precipitación y temperatura promedio durante el año 1999 en la zona de estudio

septiembre, a pesar de que la alfalfa superó a los dos pastos, su diferencia fue no significativa ($P > 0,05$). A finales de la época de lluvia (octubre), la alfalfa manifestó su eficiencia en el aprovechamiento de la humedad del suelo al producir 100 y 500% más forraje que los pasto rhodes y nativo respectivamente. La mejor respuesta a la precipitación fue para las dos gramíneas presentando los máximos rendimientos en el mes más lluvioso, por su parte la alfalfa mostró mayores rendimiento al final de la época de lluvia, coincidiendo con el período de mínima temperatura.

Tomando en cuenta el rendimiento de las especies, calculado el precio actual del kilogramo de materia seca para cada una de ellas y asumiendo los diversos gastos para el establecimiento se realizó un análisis económico (cuadro 3). Los mayores ingresos se obtuvieron con la alfalfa, debido principalmente a que fue la de mayor precio en el mercado y además que los gastos de establecimiento no son tal elevados como los del pasto rhodes, principalmente el precio de la semilla y la cantidad requerida por hectárea son menores. En el caso del pasto nativo los gastos son mínimos por que ya estaba establecido.

Análisis de componentes principales (ACP).

Para medir el grado de asociación entre las diferentes característica del suelo y el rendimiento de materia seca se realizó un ACP (cuadro 4). Los resultados indican que la capacidad de campo esta asociada a la textura del suelo, presentado una correlación alta y negativa (63%) con el contenido de arena y positivo (46%) con el contenido

de arcilla. También la capacidad de campo esta relacionada de forma negativa con el contenido de materia orgánica (64%). La materia orgánica está asociada positivamente con el pH del suelo (60%). Otra variable como conductividad eléctrica presentó una correlación negativa con el pH (41%). Por otro lado, la densidad aparente se relacionó de manera negativa con el pH (62%) y con los contenidos de materia orgánica (39%), y la mayor correlación de la densidad real fue con la conductividad hidráulica (44%). La resistencia a la penetración presentó una correlación negativa con el contenido de nitrógeno total del suelo (35%), mientras que la estabilidad de agregados mostró una correlación positiva con la resistencia al penetración (47%) y a la capacidad de campo (43%), y una correlación negativa con el contenido de arena (48). Todas la variables de una u otra manera presentan un cierto grado de correlación entre ellas pero los valores más alto son los descritos (cuadro 4a). En esta investigación la estabilidad de agregados presentó una correlación negativa con el contenido de materia orgánica (23,6%) contrario a otras investigaciones (2, 6), lo que indica que la estabilidad estructural de estos suelos depende más de la dureza proporcionada por el material de origen.

El número de componentes principales a analizar depende de cuanta variación expliquen cada uno de ellos. El 80% de variación acumulada y/o valores propios mayores a la unidad son las condiciones para escoger el número mínimo de componentes principales (10). En

Cuadro 3. Relación de gastos e ingresos según el rendimiento de tres especies forrajeras

	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Ingresos (\$ ha ⁻¹)	Gastos (\$ ha ⁻¹)	Ingresos neto (\$ ha ⁻¹)
Alfalfa	10667,1	9387,05	3500	5887,05
Rhodes	10295,8	5148,90	4303	844,90
Nativo	8241,6	2472,48	0	2472,48

cuanto a la explicación de la varianza total, el primer componente principal solo explica 24,6% de la variación, mientras que los cinco primeros componentes explica 80% de la variación total (cuadro 4b). Para el primer componente las variables de mayor contribución fueron capacidad de campo (46%) de manera positiva y materia orgánica (45%) de forma negativa. El segundo componente esta definido básicamente por la estabilidad de agregados (51%) y resistencia a la penetración (48%) de forma positiva, y nitrógeno total (39%) de manera negativa. En el tercer componente participaron la conductividad eléctrica de manera positiva y el pH (50%), y el contenido de arcilla (46%) de manera negativa. El cuarto componente estuvo definido por el rendimiento (54%) y la densidad real (43%) de manera positiva, y por la conductividad

eléctrica (41%) y la conductiva hidráulica (37%) de forma negativa. La formación del quinto componente dependió del contenido de arcilla (36%), de la conductividad hidráulica (35%) y de la densidad aparente (35%) de manera positiva, y de la conductividad eléctrica (40%) de forma negativa (cuadro 4c). Al correlacionar el rendimiento con las variables físicas y químicas del suelo se observó que el mayor grado de correlación se presentó con el pH (91%) y con los contenidos de arcilla (63%) de forma negativa, sin embargo otras variables como estabilidad de agregados y resistencia a la penetración presentaron un grado de correlación negativa con el rendimiento de 46 y 30%, respectivamente. Los valores más altos de correlación positiva fueron con nitrógeno total, densidad aparente y densidad real (cuadro 4 a).

Cuadro 4. Resultados del análisis de componentes principales (ACP) aplicado a las diferentes variables en estudio

a. Matriz de correlación de variables originales

	ARC	ARE	CC	Ks	PH	CE	MO	NT	DA	DR	RES	EST	REN
ARC	1,0000	-0,5153	0,4669	0,1041	0,1161	-0,3801	-0,2713	0,0478	0,1662	-0,2510	-0,0417	0,0449	-0,6340
ARE		1,0000	-0,6348	0,1053	0,0853	0,1500	0,2239	-0,1340	-0,0865	0,2322	0,0679	-0,4834	0,2036
CC			1,0000	-0,0463	-0,2481	0,0546	-0,6474	0,1568	0,3947	-0,3059	-0,0513	0,4278	0,0292
Ks				1,0000	-0,2902	0,3411	-0,4899	0,0918	0,1590	-0,4457	-0,1327	-0,0702	-0,2199
PH					1,0000	-0,4098	0,6050	0,0028	-0,6255	-0,2325	-0,2193	-0,2193	-0,9130
CE						1,0000	-0,2318	-0,0038	0,0085	-0,2945	-0,2307	-0,0440	-0,2186
MO							1,0000	-0,2056	-0,3906	0,0850	0,1167	-0,2364	-0,0466
NT								1,0000	-0,0322	-0,0701	-0,3533	-0,3229	0,2995
DA									1,0000	-0,1335	0,2101	0,0669	0,2529
DR										1,0000	0,1380	0,1556	0,2262
RES											1,0000	0,4689	-0,3015
EST												1,0000	-0,4639
REN													1,0000

ARC= arcilla, ARE= arena, CC= capacidad de campo, Ks= conductividad hidráulica, PH= ph, CE= conductividad eléctrica, MO= materia orgánica, NT= nitrógeno total DA= densidad aparente DR= densidad real RES= resistencia a la penetración, EST= estabilidad de agregados y REN= rendimiento

b. Valores propios de la matriz de correlación

	valor	diferencia	proporción	acumulada
CP1	3,19815	0,993478	0,246012	0,24601
CP2	2,20467	0,237675	0,169590	0,41560
CP3	1,96700	0,184863	0,151308	0,56691
CP4	1,78214	0,601005	0,137087	0,70400
CP5	1,18113	0,331946	0,090856	0,79485
CP6	0,84919	0,198122	0,065322	0,86018

C. Correlación entre variables originales y componentes principales

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
ARC	0,254883	0,054528	-0,463496	0,089264	0,366912	0,180526
ARE	-0,350855	-0,161910	0,356038	0,052879	0,334563	0,159896
CC	0,460943	0,044826	-0,238360	0,145018	-0,136429	-0,156028
Ks	0,217092	-0,280787	0,199778	-0,370172	0,359490	0,396528
PH	-0,330782	0,042489	-0,499413	-0,190747	0,088361	-0,018916
CE	0,160861	-0,217258	0,301823	-0,410065	-0,401637	-0,321297
MO	-0,452944	0,167841	-0,127158	-0,087849	0,023943	-0,385880
NT	0,059433	-0,397576	-0,199614	0,154747	-0,240095	0,293312
DA	0,318409	-0,050653	0,229107	0,312842	0,358163	-0,407007
DR	-0,188235	0,193348	0,229124	0,436003	-0,329673	0,425346
RES	0,026647	0,483619	0,239618	0,065309	0,300766	-0,031778
EST	0,253834	0,514679	0,051507	-0,048255	-0,225279	0,167258
REN	-0,079977	-0,340568	0,099938	0,548099	-0,009112	-0,214898

ARC= arcilla, ARE= arena, CC= capacidad de campo, Ks= conductividad hidráulica, PH= ph, CE= conductividad eléctrica, MO= materia orgánica, NT= nitrógeno total DA= densidad aparente DR= dencidad real RES= resistencia a la penetración, EST= estabilidad de agregados y REN= rendimiento

Conclusiones

Las determinaciones químicas y físicas indicaron que el suelo es heterogéneo en el contenido de materia orgánica, de buena estabilidad estructural pero muy compactado que impide el desarrollo de raíces en profundidad, y con una conductividad hidráulica lenta. Además presenta valores de capacidad de campo

directamente proporcional al contenido de arcilla e inversamente proporcional al contenido de materia orgánica.

Las especies introducidas (pasto rhodes y alfalfa) fueron superiores en 25% en el rendimiento de materia seca, respecto al pasto nativo. Así mismo, el análisis económico favoreció a la alfalfa. Los resultados son halagadores

considerando que son suelos bastante degradados y solo se evaluó el rendimiento durante la época de lluvias.

La alfalfa redujo los rendimientos en la época de mayor precipitación por el exceso de humedad, pero presentó mayor adaptabilidad a

las bajas temperaturas.

La variables de mayor influencia sobre el rendimiento en forma negativa fueron el pH, el contenido de arcilla y la resistencia a la penetración, mientras que el contenido de nitrógeno total tuvo un efecto positivo sobre el rendimiento.

Literatura citada

1. Aguilera, C.M y R. Martínez. 1996. Relaciones Agua Suelo Planta. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
2. Burgos, G. A 1987. Manejo inadecuado de la ganadería como factor de erosión en los suelos de ladera. Suelos ecuatoriales. Vol. XVII (2) p. 257-260.
3. Cambardella C.A y E.T. Elliot 1993. Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 1071-1076.
4. Etchevers, B.J., M. López, J. Padilla, y J. Alvarado. 1995. Manual de procedimientos para análisis de suelos y plantas. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
5. Gandoy, B.W. 1991. Manual de laboratorio para el manejo físico de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Serie agronomía N° 22. Chapingo, México.
6. García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. 3ra edición. Editorial UNAM, México.
7. Golchin, A., P. Clarke., J.M. Oades, y J.O. Skjemstad. 1995. The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soil. Aust. J. Soil Res. 33: 975-993.
8. González, R. J. 1994. Promising characteristics to soil conservation and forage production from rhodesgrass sown on shallow and stony soil under rainfall conditions. In: 15th World Congress of Soil Science. Acapulco, México.
9. Jiménez, M.A. 1993. La producción de forrajes en México. Universidad Autónoma Chapingo. Banco de México-FIRA. Chapingo, México.
10. Johnson, D.E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thomson Editores. Traducción de Hernán Pérez C. Escuela Militar de Ingenieros. México
11. Lal, R 1988. Soil erosion research on steep lands In: Conservation Farming on steep Lands. (Eds). Moldenhaver, W.C., and N.W. Hudson Soil and water Conservation Society. World Association of Soil and water conservation. Ankeny, Iowa. p 45-53.
12. Meléndez, N. F. 1998. Manual de manejo de praderas para Tabasco. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.
13. Montenegro, G.H y C.D. Malagon 1990. Propiedades físicas de los suelos. Ministerio de Hacienda y Crédito Publico. Instituto Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia.
14. Richards, C.A. 1994. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 8ª edición, Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Traducción de Sánchez, D.N. Noriega editores, México.
15. Vázquez, A.A. 1997. Guía para interpretar el análisis químico de agua y suelo. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de suelos. 2ª edición. Chapingo, México.