

**RELACIÓN DE LAS UNIDADES CALOR (UC) ACUMULADAS
CON EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DEL FORRAJE**

Efraín Staff Sánchez
Heriberto Díaz Solís
Luis Lauro De León González
Reginaldo De Luna Villarreal
Víctor Manuel Zamora Villa

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

RESUMEN

La producción de forraje representa una actividad de primer orden para la ganadería, y es influida por aspectos climáticos, fisiológicos y de manejo, esta dinámica actividad requiere de estudio y atención, para aprovechar mejor este recurso. Para el estudio se evaluaron cuatro especies forrajeras, y tres frecuencias de corte (alta media y baja), durante un año, y se analizaron en diseño de arreglo factorial 4 x 3, y se observó que el rendimiento de materia seca es dependiente de las Uc acumuladas, encontrándose una fuerte relación entre estas variables; sobre todo en las especies alfalfa y buffel, y en menor grado en las gramíneas C₃. La digestibilidad, proteína cruda, y valor relativo del alimento, están positivamente relacionados entre ellos, y negativamente, con el rendimiento de materia seca y las Uc, las que se relacionan positivamente entre ellas. Las especies en las diferentes estaciones pueden presentar diferentes contenidos de fibras, relacionados al incremento en Uc acumuladas, las que aumentan la producción de forraje, pero disminuyen la calidad del mismo. La proteína cruda y digestibilidad, alcanzaron su mejor valor entre 780 a 900 Uc en alfalfa, en buffel lo hace cerca de las 1000 Uc, en festuca y orchard, los mejores valores de estas variables se obtuvieron con 900 Uc aproximadamente.

Palabras clave: unidades calor acumuladas, rendimiento de forraje, valor nutritivo del forraje.

ABSTRACT

The forage production represents a first order activity for the cattle ranch, and it is influenced by climatic, physiological and handling aspects, this dynamic activity requires of study and attention, to take a better advantage of it. For this assay four forage species, and three cutting frequencies (high, middle, and low), were evaluated during a year, and analyzed in a 4 x 3 factorial design arrangement, and it was observed that the dry matter yield depends on the accumulated Uc (heat units), being a strong relation between these variables; namely in the alfalfa and buffel species and, in a smaller degree, in the C₃ grass. The digestibility, raw protein, and relative value of the feed, are positively related among them, and negatively, with the yield of dry matter and the Uc, that are positively related among them. The species in the different stations can show different fiber contents, as related to the increase of accumulated Uc, that increase the production of forage, but diminish its quality. The raw protein and digestibility, reached their best value from 780 - 900 Uc in alfalfa, in buffel its best is near the 1000 Uc, in festuca and orchard, the best values for these variables was obtained approximately at 900 Uc.

Key words: accumulated heat units, yield forage, forage nutritive values.

INTRODUCCIÓN

Los cambios en las condiciones ambientales producen variaciones en la producción

de forrajes, y su calidad, debido a que influyen en diferentes partes de la planta, las diferencias en temperatura y fotoperíodo, promueven la formación de diferentes órganos (hojas, tallos e inflorescencias), Navarro, 1995. Este comportamiento está en función de las características fisiológicas, lo que hace que las plantas de zonas templadas C_3 , tengan su mayor producción de forraje y valor nutritivo en un rango de temperaturas menores que las especies C_4 , las que son propias de climas tropicales, subtropicales y zonas semiáridas, caracterizadas por altas temperaturas (Valdés y Fernández, 1991). Debido a lo antes expuesto, este trabajo buscó estudiar el efecto de las U_c con el patrón de producción y valor nutritivo del forraje.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en El Bajío, en el Campus Saltillo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), durante los meses de junio de 1999 a septiembre de 2000. Ubicada en el municipio de Saltillo, Estado de Coahuila, dentro de los $101^{\circ} 01'$ longitud oeste, y los $25^{\circ} 32'$ de latitud norte, con una altitud de 1789 m (Gutiérrez, 1991)

El clima es seco o árido (García, 1988), con fórmula $BS_0.kx'(e)$, lo que indica que tiene un cociente de precipitación, con una temperatura inferior a $22.9^{\circ} C$, templado, de verano cálido, con lluvias durante todo el año y extremoso. La precipitación media anual es de 418.17 mm; para el período de estudio registró una media de 330.6 mm; la temperatura va de $-10.2^{\circ} C$ en invierno, hasta $37^{\circ} C$ en verano (D.A. UAAAN, 2000)

El experimento se estableció a mediados de junio, los tratamientos fueron cuatro especies: tres gramíneas (buffel C_4 , festuca y orchard C_3), y una leguminosa (alfalfa); y tres frecuencias de corte 21-28, 28-35, y 35-42 días, obteniéndose un total de 12 tratamientos. Para la siembra se usó material vegetativo obtenido de praderas en las gramíneas C_3 , y en Buffel se utilizaron plantas de las orillas de carreteras, y la alfalfa se estableció por semilla gámica variedad El Camino, con densidad de siembra de 50 kg ha^{-1} al voleo. Se dieron tres meses para que se establecieran y desarrollaran las plantas, y el 8 de octubre se procedió al corte de las parcelas para iniciar la evaluación. Se fertilizó con la fórmula 18-46-00 antes de la siembra, durante la preparación del terreno, y luego, se aplicó una fuente nitrogenada (urea al 46 %), a las 3 gramíneas, a una dosis de $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ después de cada corte. Se aplicaron riegos de auxilio por gravedad, en los períodos en que las lluvias no suplían las necesidades de humedad.

Se analizó como un experimento factorial (4×3), en bloques al azar con 4 repeticiones, con el objetivo de comparar las especies forrajeras (factor A), y frecuencias de corte (Factor B), dentro de cada estación, para evaluar el efecto de las especies y frecuencias de corte. El tamaño de la unidad experimental fue de 3 m^2 y constó de 48 unidades.

Los muestreos se realizaron desde el 29 de octubre de 1999 hasta el 15 de septiembre de 2000, en las 3 frecuencias de corte antes descritas. Para éstos se utilizó un círculo de 50 cm de diámetro (0.20 m^2), y se cortó a unos 5 cm de altura sobre el suelo, obteniendo dos muestras por cada parcela, por muestreo; las que se destinaron a medir la producción de materia seca, se secaron en un horno de aire forzado, a una temperatura de

70°C por 3 días, para obtener el peso constante de las muestras y determinar el porcentaje de materia seca en las mismas, producción de materia seca en kg ha^{-1} , relación hoja tallo, así como el valor nutritivo. Posteriormente, se cortó toda la unidad experimental. En el análisis bromatológico se utilizó el método espectroscopia de reflectancia cercana al infrarrojo (NIRS), éste se basa en las longitudes de onda que presentan los enlaces químicos de los átomos de los componentes (Shenk y Westerhaus, 1994), para obtener los parámetros proteína cruda (PC), fibra ácido y neutro detergente (FDA y FDN).

Con las temperaturas medias se calcularon las U_c acumuladas (U_c), por el método residual $U_c = (TM - PC)$. Donde $U_c = U_c$ para un día, $TM = \text{temperatura media} = (T_{\text{máxima}} + T_{\text{mínima}})/\text{dos}$. $PC = \text{punto crítico o temperatura base}$ (Torres, 1983). El punto crítico utilizado para calcular las U_c fue 7°C para alfalfa, 12°C para buffel, y 5°C para festuca y orchard. El efecto de las U_c sobre el rendimiento, se analizaron mediante regresión en cada frecuencia de corte, y durante todo el período; y la relación con las variables de valor nutritivo, se hicieron mediante la técnica de componentes principales, las cuales se aplican cuando se desea conocer la relación entre los elementos de una población, y se sospeche que en dicha relación, influye de manera desconocida un conjunto de variables, o propiedades de los elementos (Pla, 1986). Ambos análisis se realizaron con el paquete Statistica 99, versión 6.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación entre Uc y rendimiento de forraje

En el Cuadro 1 se aprecia que durante todo el período de estudio, la alfalfa presentó un coeficiente de correlación $r = 0.88$, siendo altamente significativo, con una ecuación de predicción $Y = -1435.64 + 9.8993X$, (1).

Cuadro 1. Resumen de los análisis de regresión entre Uc acumuladas y rendimiento de materia seca en kg ha⁻¹ por corte en cada frecuencia y especie.

Especie y fc	N	B ₀	B ₁	r	InterX
Alfalfa Gral.	34	-1436.00	9.90	0.88**	100 Uc
Alfalfa 21-28	14	-949.22	8.98	0.82**	50 Uc
Alfalfa 28-35	11	-1564.73	10.20	0.87**	110 Uc
Alfalfa 35-42	9	-2932.40	12.66	0.96**	195 Uc
Buffel Gral.	34	-83.58	9.58	0.84**	-40 Uc
Buffel 21-28	14	-65.66	10.25	0.80**	-125 Uc
Buffel 28-35	11	-151.62	9.72	0.85**	-100 Uc
Buffel 35-42	9	-197.62	9.50	0.87**	-30 Uc
Festuca Gral.	34	-659.13	5.48	0.70**	30 Uc
Festuca 21-28	14	-390.73	5.33	0.62*	50 Uc
Festuca 28-35	11	-936.69	6.18	0.69*	40 Uc
Festuca 35-42	9	-2044.02	7.54	0.88**	210 Uc
Orchard Gral.	34	-871.17	6.81	0.69**	-16 Uc
Orchard 21-28	14	-542.31	5.65	0.63*	10 Uc
Orchard 28-35	11	-293.01	5.49	0.62*	-80 Uc
Orchard 35-42	9	-1923.97	8.96	0.69*	110 Uc

N= número de datos, Bo= intercepto, B1= coef. de regresión, r= coef. de correlación, Inter. en X= valor de Y cuando X=0.

Así mismo, en la frecuencia de corte alta (21-28 días), media (28-35 días) y baja (35-42 días), sus coeficientes de correlación ($r=0.82$, $r=0.87$ y $r=0.96$, respectivamente), fueron altamente significativos. Lo que indicó que existe una fuerte relación entre las Uc acumuladas y la producción de materia seca para este cultivo, siendo de mayor magnitud en la frecuencia de corte baja, con una ecuación de predicción de: $Y = -2932.4 + 12.66X$, indicando que conforme se alarga el período de corte, la producción es mayor.

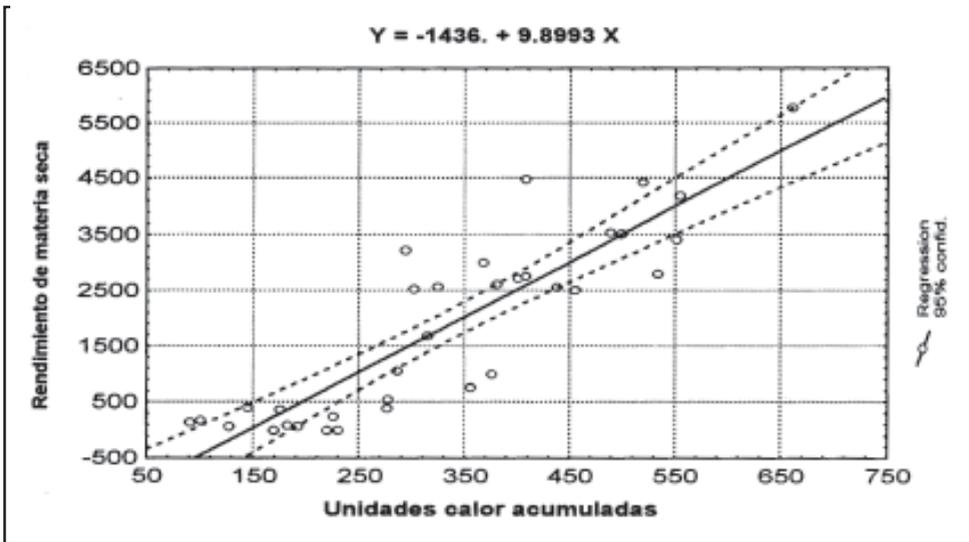


Figura 1. Regresión lineal para la especie alfalfa incluyendo las tres frecuencias de corte.

Buffel mantuvo un patrón similar al de alfalfa, con aumento en los coeficientes de correlación conforme se incrementaron las frecuencias de corte, con valores de 0.84, 0.80, 0.85 y 0.87, para el análisis general y las frecuencias de corte alta, media y baja

respectivamente, con alta significancia en los cuatro casos, lo que indicó, que las Uc acumuladas, y la producción de forraje, mantienen una relación positiva; sin embargo, presenta coeficientes de correlación e interceptos más bajos que la alfalfa, como se aprecia en la Figura 2. Lo que indicó que alfalfa fue más productora de materia seca que Buffel.

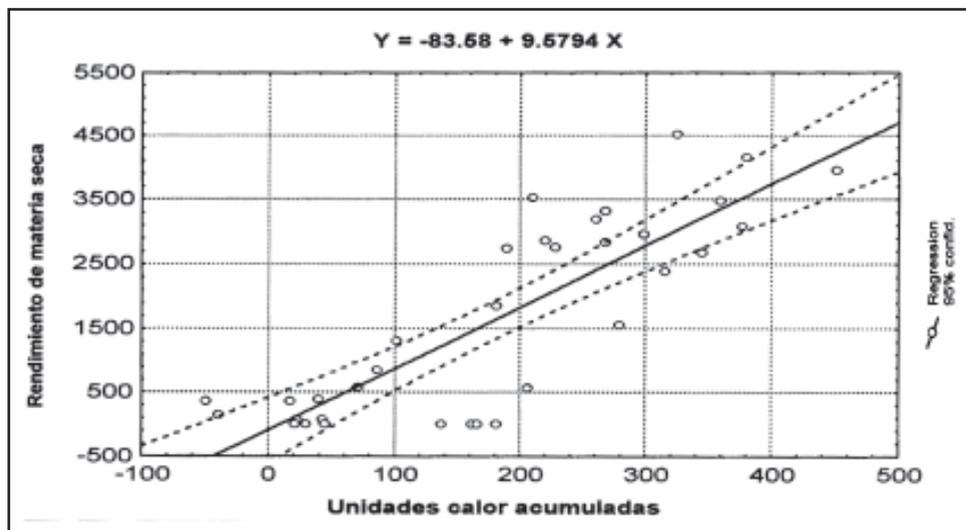


Figura 2. Relación lineal para el Buffel incluyendo las tres frecuencias de corte.

La festuca y orchard presentaron el mismo patrón, seguido por las dos especies anteriores, sólo que con valores más bajos, y muy similares entre ambas, y estos fueron: coeficiente de correlación de 0.70, 0.62, 0.69 y 0.89 para la festuca, y 0.69, 0.64, 0.62 y 0.69 para orchard, y fueron significativas; con la excepción de las regresiones generales, y en la frecuencia de corte baja para festuca, que resultaron altamente significativas, indicando que estas especies son influidas en menor grado, por las Uc acumuladas (s 3 y 4,

respectivamente) . Los coeficientes de correlación bajos, en festuca y orchard, están relacionados probablemente a su menor umbral superior de temperaturas, lo que hace que con incrementos de temperatura por arriba de 25° C, estas detengan su crecimiento.

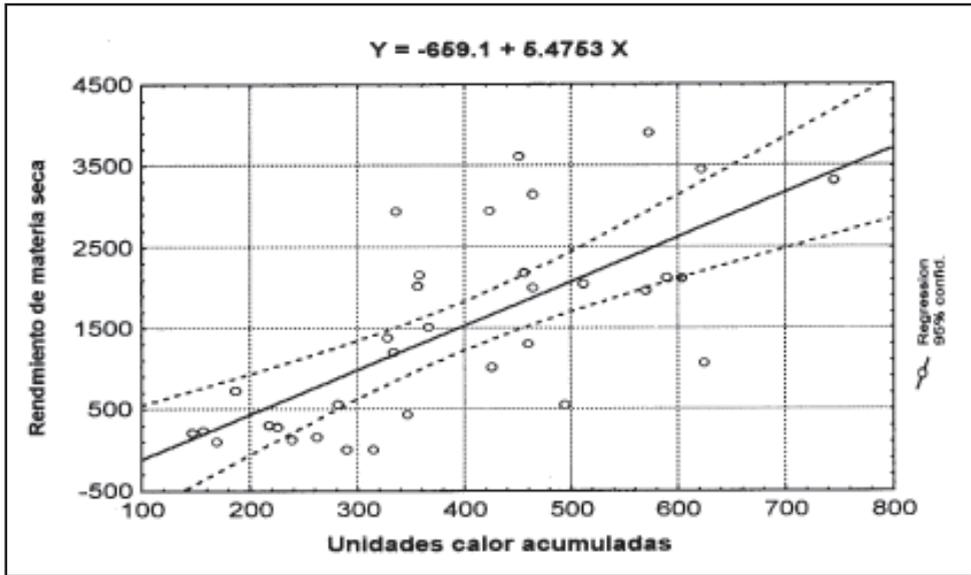


Figura 3. Relación lineal para festuca incluyendo las tres frecuencias de corte.

El análisis por estaciones para alfalfa, por lo menos en verano, y en invierno para orchard, confirmó la relación positiva entre rendimiento de forraje, y U_c acumuladas.

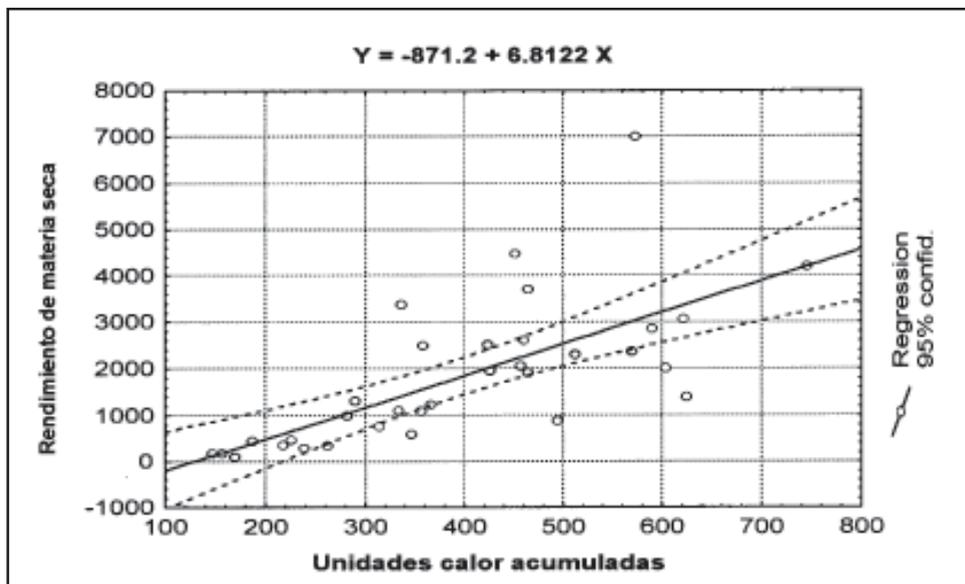


Figura 4. Relación lineal para orchard incluyendo las tres frecuencias de corte.

Relación entre Uc y valor nutritivo

Dado que la regresión lineal no explicó adecuadamente el efecto de las Uc sobre los parámetros de proteína cruda y digestibilidad, en todas las especies, se trabajó con modelos polinomiales, los cuales reportaron que alfalfa mostró una respuesta de grado 3 en el contenido de proteína cruda, tal como se aprecia en la Figura 5, mostrando una relación ascendente, hasta llegar a las 780 Uc, después de las cuales declinó su contenido en la materia seca. Lo que indicó que la alfalfa con un incremento en Uc arriba de 900, disminuye su porcentaje de proteína en la materia seca.

Para la digestibilidad la respuesta fue del mismo orden, con la diferencia que su

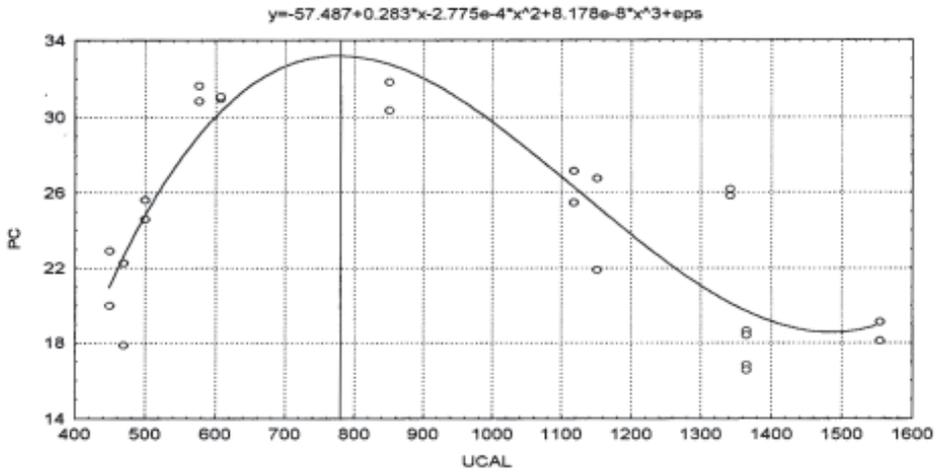


Figura 5. Relación cúbica para alfalfa entre proteína cruda y Uc.

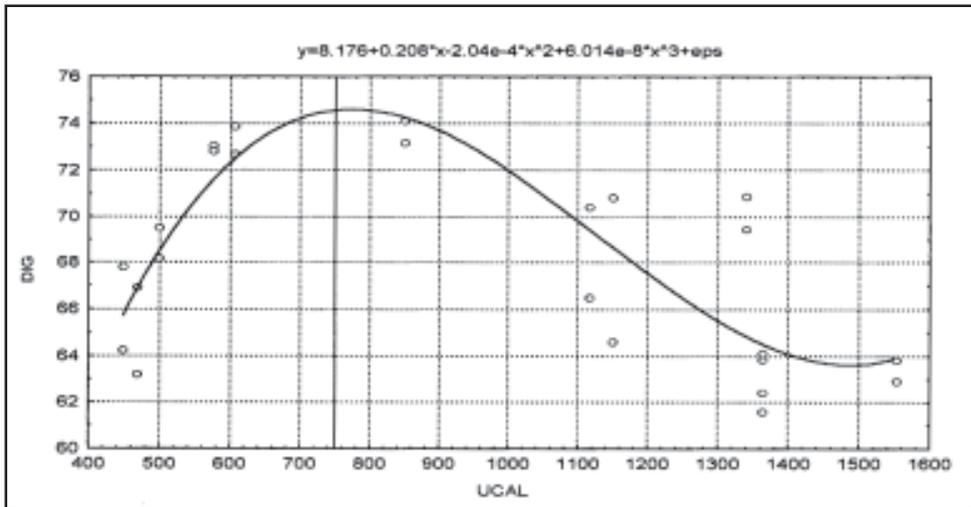


Figura 6. Relación cúbica para alfalfa entre digestibilidad y Uc.

máximo valor se presentó alrededor de las 750 Uc (Figura 6), indicando que es una especie que puede producir forraje de calidad en estaciones que no sobrepasen dichos rangos de temperatura, como en efecto ocurrió en invierno primavera y otoño, donde la alfalfa presenta mejor valor nutritivo.

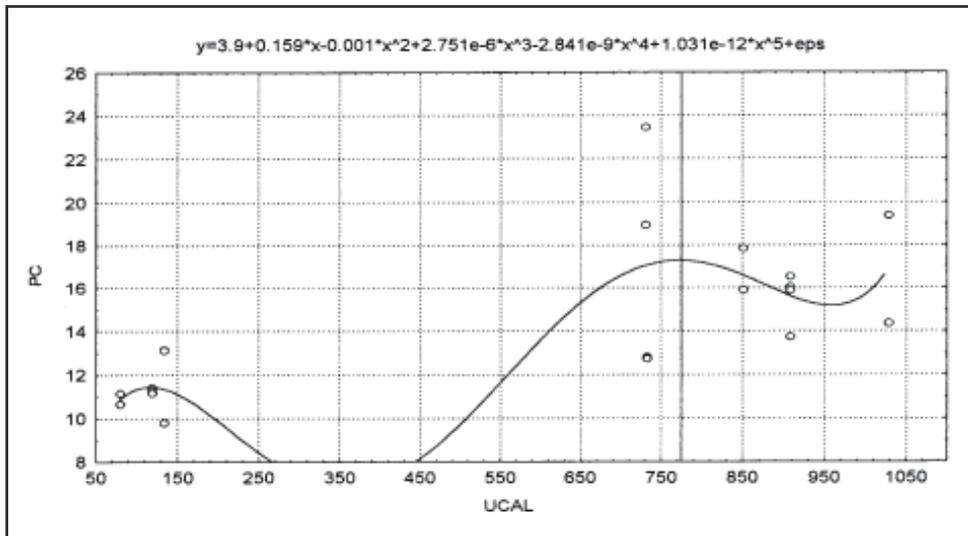


Figura 7. Relación de grado quinto para buffel entre proteína cruda y Uc.

Para buffel la regresión polinomial de grado 5, refleja un máximo local de la proteína cruda cuando alcanzó las 780 Uc, después de lo cual disminuyó su valor y volvió a subir ligeramente alrededor de las 1050 Uc, como se aprecia en la Figura 7, esto indicó que esta especie presenta su máximo local de proteína cruda, con niveles de Uc acumuladas similares a las de alfalfa, aunque con mayor cantidad de Uc pudiera alcanzar sus niveles más altos, como podría esperarse en plantas C_4 , pero es necesario una mayor investigación en

este sentido, dado que queda fuera del alcance de la presente investigación.

La digestibilidad de la materia seca en buffel fue mejor, cuando alcanzó las 975 U_c; y de las 700 U_c acumuladas, a las 975 presenta una relación positiva entre la digestibilidad, y las U_c acumuladas, y después de este valor, nuevamente disminuyó como se puede apreciar en la Figura 8.

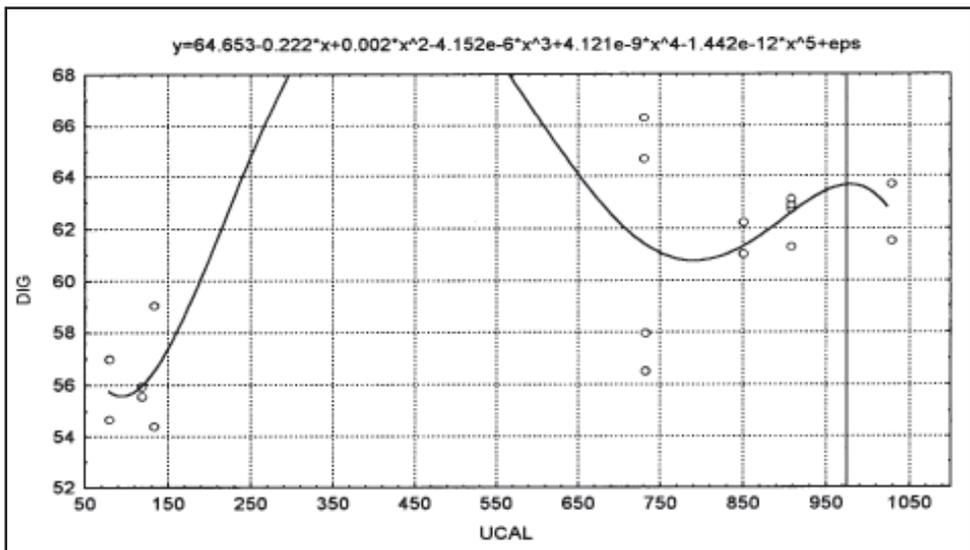


Figura 8. Relación de grado quinto para buffel entre digestibilidad. y U_c.

El análisis para festuca indicó una repuesta de tercer grado en el contenido de proteína cruda, como se aprecia en la Figura 9, mostrando una relación ascendente hasta llegar a las 880 U_c, en donde reflejó los mejores valores de proteína cruda, luego de este punto, se dio un descenso en los valores de proteína cruda.

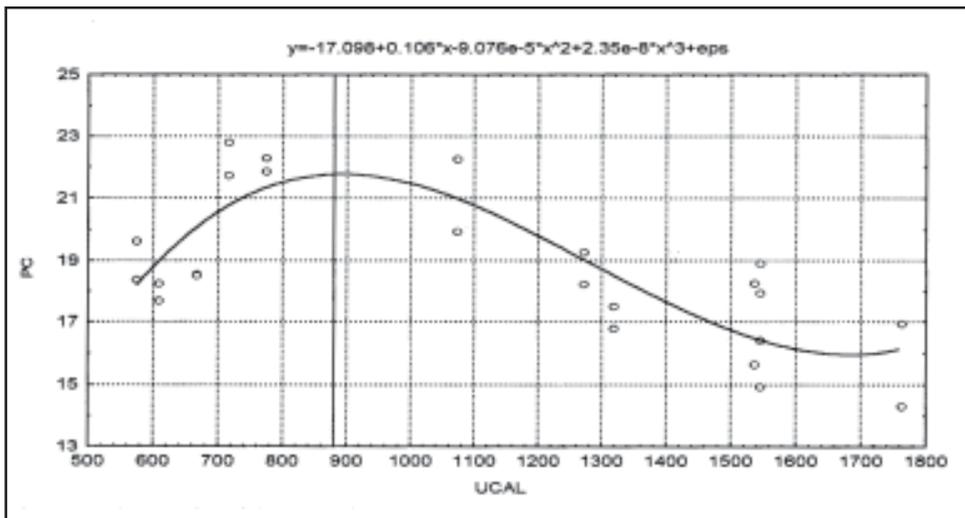


Figura 9. Relación cúbica para festuca entre proteína cruda y Uc.

La ecuación cúbica para digestibilidad en la materia seca de festuca, indicó una relación ascendente hasta las 900 Uc, donde obtuvo su mejor valor, a partir de ese valor inició el descenso de la digestibilidad, como lo muestra la Figura 10.

Orchard mostró una respuesta de grado tres, y reflejó un comportamiento muy similar para proteína cruda y digestibilidad, como puede observarse en las Figuras 11 y 12 para ambas variables se obtuvo una relación ascendente, hasta alcanzar los mejores valores con 900 Uc, y a partir de ese valor tuvo una relación negativa entre Uc y ambas variables.

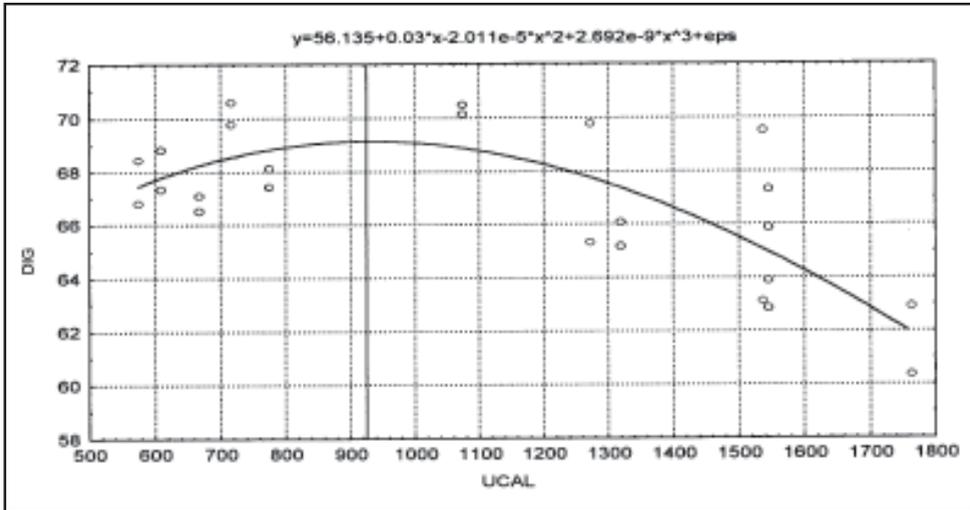


Figura 10. Relación cúbica para festuca entre digestibilidad y Uc.

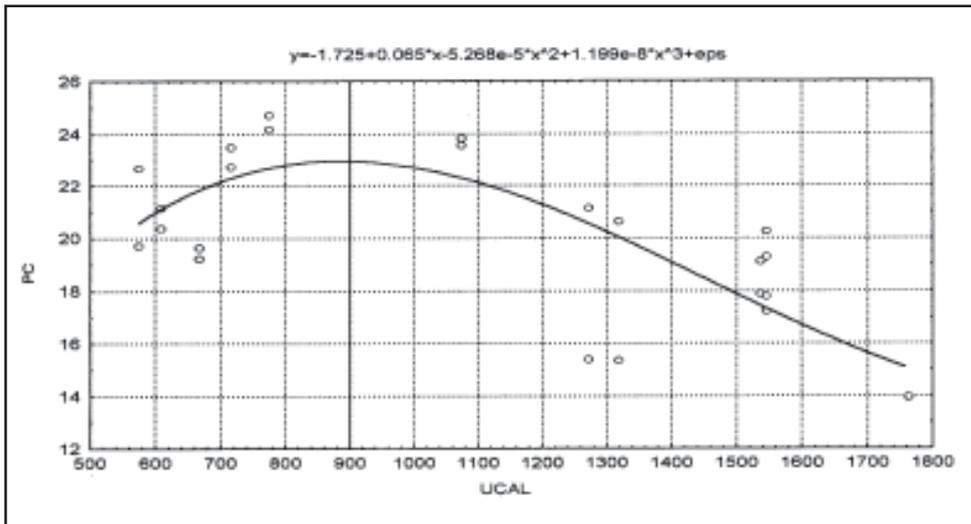


Figura 11. Relación cúbica para orchard entre proteína cruda y Uc.

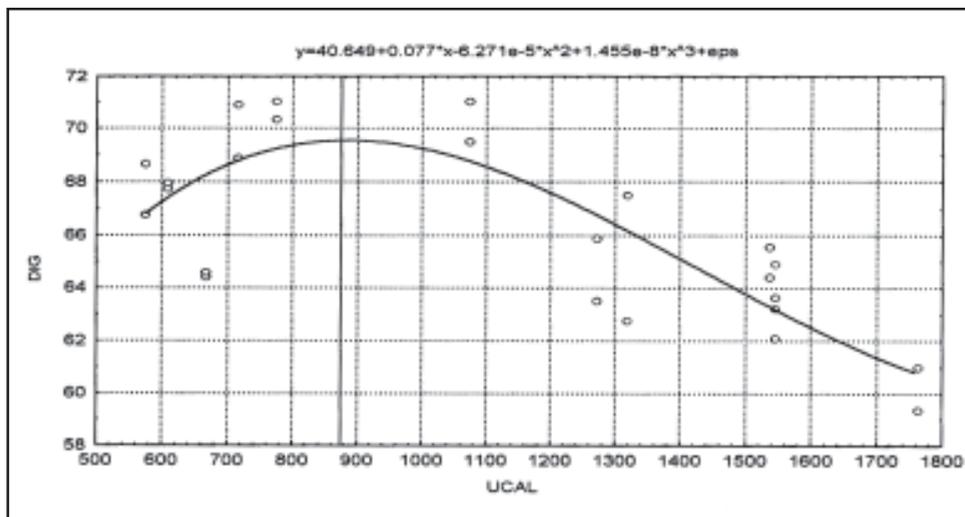


Figura 12. Relación cúbica para orchard entre digestibilidad y Uc.

Análisis de la relación entre variables de producción, valor nutritivo, y Uc acumuladas

El análisis de componentes principales comprendiendo las variables: Uc acumuladas (Uc), producción de materia seca ha^{-1} (REND), digestibilidad de la materia seca (DIG), porcentaje de proteína cruda (PC), valor relativo del alimento (RFV) y relación hoja tallo, reveló que los tres primeros componentes explicaron el 90.56 % de la varianza total, donde el primer componente principal explicó el 45.00 % de la varianza (Cuadro 2) y las variables digestibilidad (DIG), proteína cruda (PC) y valor relativo del alimento (VRF) se relacionaron positivamente entre si, y con el componente y de forma negativa con las Uc y el rendimiento, que se influyeron positivamente entre ellas, y negativamente con el componente.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación de las variables para los tres primeros componentes principales.

Variable	CP1	CP2	CP3
REL	0.0430	0.0249	0.9774*
Uc	-0.0165	-0.9056*	0.2103
REND	-0.0671	-0.8817*	-0.2709
DIG	0.9254*	-0.0029	0.2357
PC	0.9688*	-0.0656	-0.0698
REV	0.9223*	-0.0612	-0.2080
Eigenvalor	2.70	1.58	1.16
Varianza	45.00	26.28	19.28
V. Acumulada	45.00	71.28	90.56

De la Figura 12 se puede inferir, que las especies cuyas observaciones tiendan a distribuirse en el lado positivo del CP1, tienen mayor valor nutritivo; en el lado positivo del CP2, se distribuyeron las observaciones del invierno, dado que las Uc se encuentran en el lado negativo del CP2.

Con base en lo anterior, de la Figura 14 se puede deducir, que alfalfa fue la especie con mayor valor nutritivo, seguida por orchard, festuca, y finalmente, con menor valor nutritivo, buffel. Sin embargo, el mayor valor nutritivo de alfalfa, se presenta en invierno (Figura 15), cuando su producción decrece, en otoño, y primavera, alfalfa, proporciona mejores rendimientos y calidad aceptable, en verano, alcanza su mayor producción de materia seca, pero es cuando su valor nutritivo es inferior. Buffel se ubicó como la especie de menor valor nutritivo, y en esta especie, el rendimiento y valor nutritivo mejoran en la primavera y verano, pero no produce en invierno (Figuras 14 y 15), estos resultados, y los análisis de

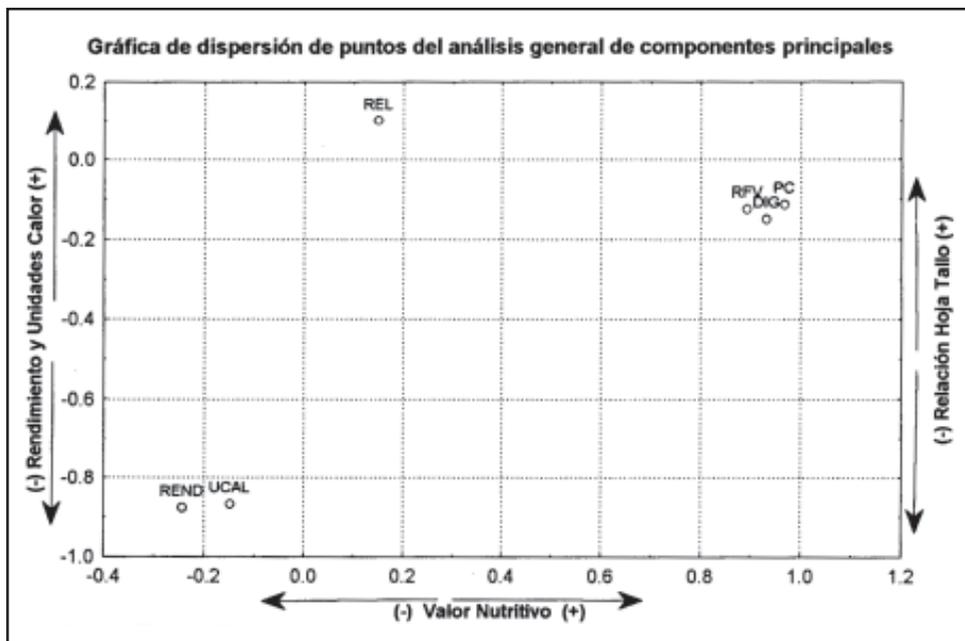


Figura 13. Distribución de las observaciones mostrando las relaciones de las variables (Rend = Rendimiento, Uc = Unidades Calor, Rel = Relación Hoja Tallo, VRF = Valor relativo del Alimento, Dig = Digestibilidad y PC = Proteína Cruda) en el análisis general de componentes principales.

regresión indican, que es ésta la especie más susceptible al frío. Festuca y orchard poseen valores nutritivos muy similares, sin embargo, festuca rinde un poco más de materia seca en verano, lo que indicó un perfil orientado más hacia los tipos C_4 , mientras que orchard, superó a festuca, en primavera e invierno.

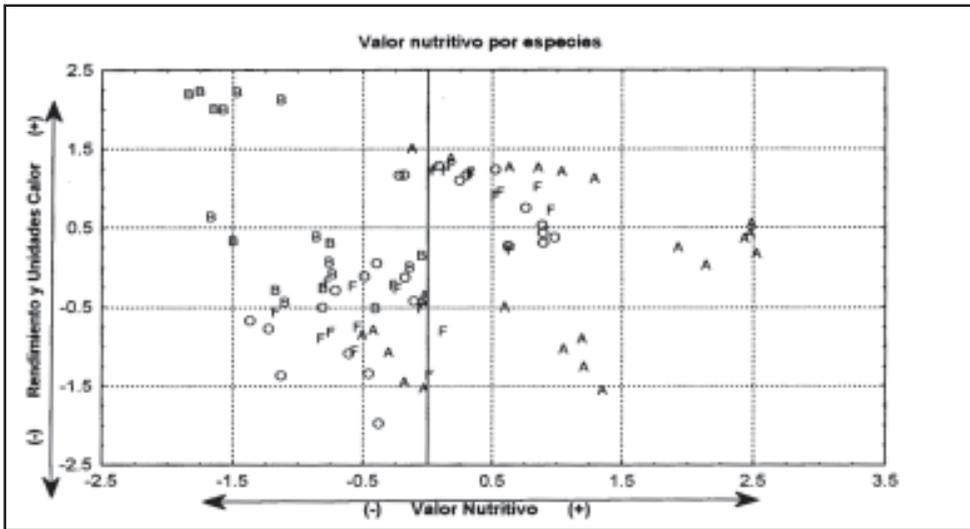


Figura 14. Tendencias de las observaciones para las especies (A =alfalfa, B = Buffel, F = Festuca, O = orchard) en los componentes 1 y 2.

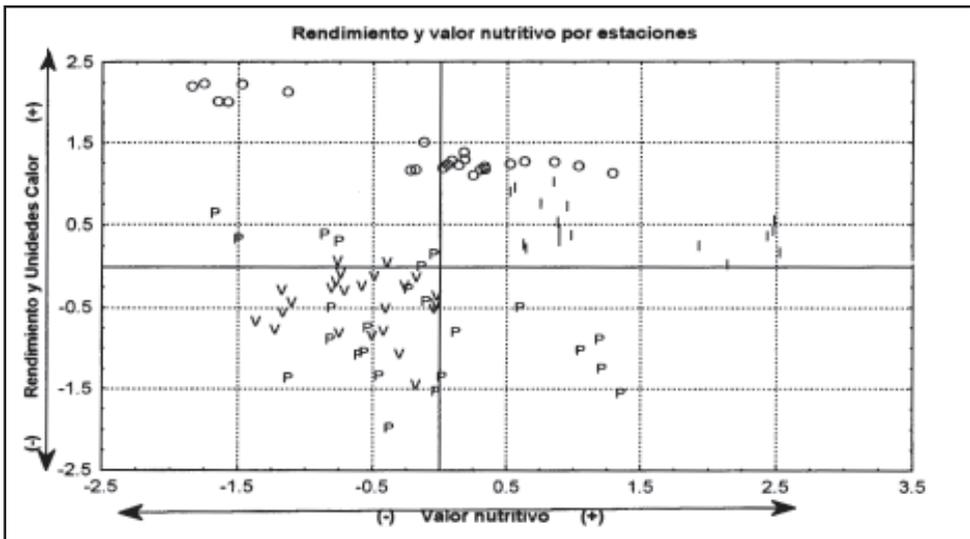


Figura 15. Tendencias de las observaciones para las estaciones (O=otoño, I=invierno, P= primavera, V=verano) en los componentes principales 1 y 2.

CONCLUSIONES

La producción de forraje es dependiente de las Uc acumuladas, encontrándose una fuerte relación entre estas variables, sobre todo en las especies de alfalfa y buffel, y en menor grado en las gramíneas C_3 . Los mayores valores de proteína cruda y digestibilidad, se obtuvieron con acumulaciones de Uc altas en buffel (alrededor de 1000 Uc), intermedia en festuca y orchard (aproximadamente 900 Uc), y menores en alfalfa, con alrededor de las 800 Uc. Alfalfa fue la especie con mayor valor nutritivo, seguida por orchard, festuca y finalmente, buffel. El mayor valor nutritivo de alfalfa se presenta en invierno, cuando su producción decrece, en otoño y primavera, proporciona mejores rendimientos y calidad aceptable, en verano logra su mayor producción, pero con menor valor nutritivo. Buffel fue la especie de menor valor nutritivo, y en ésta la calidad y rendimiento mejoran en primavera y verano, pero no produce en invierno. Festuca y orchard fueron muy similares, y presentaron los mejores rendimientos en primavera y con buena calidad, aunque es mejor en invierno y otoño, en verano presentaron buen rendimiento, pero inferior calidad.

LITERATURA CITADA

- D.A UAAAN. Departamento de Agrometeorología. 2000. Datos meteorológicos de la estación Buenavista. Saltillo, Méx.
- García, E. 1988. Modificación al Sistema de clasificación climática de Köeppen. UNAM. México. 246 P.

- Gutiérrez N. M. 1991. Comportamiento Productivo Estacional de una Mezcla de Especies Forrajeras Perennes irrigadas. Tesis de Licenciatura. UAAAN. México. 49 p.
- Navarro Ch., G. 1995. Ecofisiología Aplicada al Manejo de Pastizales. En: Medina T., J.G. M.J. Ayala O., L. Pérez R. y Gutiérrez C. (Ed.). Rehabilitación de Ecosistemas de Pastizal. Conceptos y Aplicaciones. SOMMAP UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. P. 29-50
- Pla L.E. 1986. Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C.
- Shenk, J.S. and M.O. Westerhaus. 1994. The Application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) to Forage Analysis. In: Fahey, Jr. G.C. (Ed.) Forage Quality, Evaluation and Utilization. American Society of Agronomy. Inc. Madison, Winsconsin, USA. 996 P
- Statistica, 1998. Statistica for windows version 6.0. General conventions & Statistica !. Statsoft, Inc. Tulsa Ok.
- Torres R.,E. 1983. Agrometeorología. Editorial Diana México. 150 P
- Valdés R., J. y J.M. Fernández B. 1991. Gramíneas C₃ y C₄ de Coahuila, México: Implicaciones Ecofisiológicas. UAAAN. Revista Manejo de Pastizales. vol. 4 No. 2. Abril 1991. P. 6-22.