

## Dinámica y estructura de la energía en un ecosistema pastizal. I. Estudio del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) en el período seco.

Energy structure and its dynamics in a grassland ecosystem. I. Study of alemangrass (*Echinochloa polystachya*) during the dry season.

Tyrone Clavero C.<sup>1</sup>

José Bozo<sup>2</sup>

Gustavo Romero<sup>2</sup>

### Resumen

La dinámica y la estructura de la energía en un ecosistema pastizal, (Pasto alemán -*Echinochloa polystachya*) fueron estudiados en el período seco de una zona agroecológica de bosque sub-húmedo tropical. Se realizaron cosechas cada 28 días cortándose el pasto a una altura de 15 cms. El material se dividió en fracción aérea (hojas y tallos) y material radicular. Se encontraron diferencias significativas en el flujo de energía del material radicular ( $p > 0.01$ ), Tallos ( $p > 0.01$ ) y Aérea total ( $p > 0.01$ ). Se presentaron diferencias significativas en la energía producida por unidad de área entre los meses evaluados. En materia seca se observaron diferencias significativas en material radicular, hojas y aéreo total. Además se concluyó que existe una relación baja y moderada entre las condiciones climatológicas y la energía acumulada en el pastizal y la biomasa, respectivamente.

**Palabras Claves:** energía, biomasa.

### Abstract

Energy structure and its dynamic were studied in a grassland ecosystem (alemangrass - *Echinochloa polystachya*) during the dry season. Harvested every 28 days, the material were split in root, leaves and stem. Through oxygen-bomb calorimeter caloric values of three compartments were

Recibido el 05-09-92 • Aceptado el 03-02-93

<sup>1</sup> Postgrado Producción Animal. LUZ. Agronomía Apdo. Postal 15.205.- Maracaibo - Venezuela.

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia - Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo- Venezuela.

estimated and energy budget and ecology efficiency were worked out. The results revealed that there were significant differences on the energy structure into compartments (root, stem and aerial biomass) between months. Of the three fractions, the dry weight basis of root and leaf exhibited the highest value. The results suggest that there were a moderate relationship between climatic conditions and energy budget in a grassland ecosystem and lower between biomass and climatic conditions.

**Key words:** energy, biomass

## Introducción

El flujo de energía que circula a través de los ecosistemas constituye la fuente que proporciona la fuerza necesaria para su funcionamiento. Así, la dinámica de los mismos está determinada por la cantidad de energía que reciben y por la capacidad del mismo ecosistema para procesarla. En general, la producción de un sistema de cultivo por unidad de tiempo es proporcional a las cantidades de materia y energía disponibles. Como la energía es almacenada en compuestos de materia envueltos en los procesos productores, la eficiencia de las plantas en capturar la energía solar, está íntimamente ligada con el rendimiento de los mismos.

En Venezuela, la investigación sobre la problemática del pastizal es primordial, en especial, cuando se considera que involucra a los sistemas de producción animal y el papel que éstos desempeñan en la producción de carne y leche. La Cuenca del Lago de Maracaibo, constituye una superficie de importancia para el desarrollo pecuario del país, por cuanto el cultivo de los pastos cubre aproximadamente 2.300.000 Has. En esta zona, el pasto alemán es uno de los más difundidos, por lo cual iniciar este estudio contribuirá a la elaboración de tablas energéticas adaptadas a las condiciones ecológicas del país y una herramienta que permita a los productores un uso eficiente y económico de sus pastizales.

La presente investigación se realizó con el objeto de evaluar el comportamiento del pasto alemán, en función de la eficiencia del pastizal en capturar la energía y su flujo dentro del ecosistema pastizal.

## Materiales y Métodos

### Ubicación del ensayo

Esta investigación fue realizada en la Hacienda "Los Limones", ubicada en el Municipio Autónomo Rosario de Perijá del Estado Zulia. Esta zona se considera desde el punto de vista agroecológica como bosque sub-húmedo tropical, con precipitaciones promedio de 1.300 mm/año, con variaciones

estacionales, que se distribuyen en dos ciclos, con dos máximos (Mayo-Octubre) y dos mínimos (Febrero-Julio). La temperatura promedio se encuentra entre 30 y 32 grados centígrados, el relieve es plano con pendientes de 0.01% a 0.2%, los suelos se caracterizan por ser de textura franco arcillosa, desde el punto de vista químico presenta un ph que va desde ligeramente ácido hasta neutro 6.3 - 7.2. (Coplanarh, 1968).

### **Unidades de análisis**

Para llevar a cabo la investigación se utilizaron 3 bloques de terreno homogéneos, (planos y uniformes con el fin de eliminar la heterogeneidad intrabloque), los cuales tenían una superficie de 150 m<sup>2</sup> cada uno. Estos bloques se subdividieron en 6 parcelas de igual superficie (25 m<sup>2</sup>). De esta manera, cada bloque se consideró una replica completa del experimento que permitió reducir la varianza debido al error y cada parcela constituyó una unidad experimental.

Una vez configurados los bloques, los tratamientos se asignaron al azar dentro de cada bloque a las respectivas unidades experimentales (parcelas), entendiéndose por tratamiento las condiciones climatológicas de cada uno de los 6 meses del año utilizados en la investigación (noviembre-diciembre 1991 y enero - abril 1992).

La recolección de los datos se realizó extrayendo dos muestras por parcelas, constituyendo así tres bloques con 2 repeticiones por bloques.

Se ubicó cada parcela a ser muestreada y para la toma de la misma se utilizó un marco de un área efectiva de 1 m<sup>2</sup>. Dicho marco se procedió a ser lanzado sobre la parcela y se extrajo todo el material, tanto aéreo como radicular, que se encontraba dentro del área afectiva del marco (1m<sup>2</sup>).

Posteriormente se procedió a dividir el material radicular (raíz) de la fracción aérea total (hoja y tallo). Se determinó el rendimiento de materia verde y materia seca. Se dividió la fracción aérea total a su vez en fracción aérea tallo y fracción aérea hoja. Para determinar la energía bruta se utilizó una bomba calorimétrica.

### **Análisis estadístico.**

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando estadísticas descriptivas, el análisis de varianza de una vía y el análisis de regresión múltiple y lineal. Estos datos estadísticos fueron obtenidos utilizando los sistemas MSTAT y STAT-GRAPHICS.

Como variables dependientes se consideraron la dinámica y estructura de la energía: material radicular, fracción aérea hoja, fracción aérea tallo y fracción aérea total.

Las variables independientes fueron las condiciones climatológicas de cada mes, evaporación, precipitación, insolación, temperatura, velocidad del viento, radiación y humedad.

El diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones, tiene el siguiente modelo aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + B_j + E_{ij}$$

$$i = T = 12$$

$$j = \dots B = 13$$

$Y_{ij}$  = es una observación

$T_i$  = efecto del i-esimo tratamiento

$B_j$  = efecto del j-esimo bloque

$E_{ij}$  = error experimental

## Resultados y Discusión

### Flujo de energía dentro del ecosistema pastizal.

Al determinar el flujo de energía dentro del ecosistema pastizal, se encontró que los valores más altos de energía bruta, se ubicaron para el material radicular en los meses de noviembre (2.040) y diciembre (2.1883), para la fracción aérea hoja en los meses de noviembre (3.2867) y abril (3.1867), y para la fracción aérea tallo en los meses de noviembre (2.9983) y marzo (3.1700), al igual que para la fracción aérea total (6.2850 y 6.2717), (Tabla 1).

**Tabla 1. Descripción de la energía bruta (Kcal/gr)**

MESES	RAIZ	%	HOJA	%	TALLO	%	AREA T	%
NOVIEMBRE	2.0400	24.50	3.2867	39.48	2.9983	36.02	6.2850	75.50
DICIEMBRE	2.1883	29.23	2.7683	36.98	2.5300	33.79	5.2983	70.77
ENERO	18600	24.02	3.0733	39.68	2.8117	36.30	5.9083	75.98
FEBRERO	1.5150	21.49	3.0250	42.91	2.5100	435.60	5.5350	78.51
MARZO	1.8050	22.35	3.1017	38.40	3.1700	39.25	6.2717	77.65
ABRIL	1.7450	22.09	3.1867	40.35	2.9617	37.50	6.1483	77.85

Se presentaron diferencias significativas en el flujo de energía para el material radicular a lo largo del período de evaluación. En la fracción aérea total, también se encontró que existieron diferencias significativas entre los meses evaluados. Por otra parte, es importante indicar que las diferencias

significativas observadas en la fracción aérea total, se deben principalmente a la influencia de la fracción de tallos.

**Producción de materia seca.**

Para determinar la materia seca del pasto alemán, se calcularon los valores para el material radicular, la fracción aérea hoja, la fracción aérea tallo y la fracción aérea total (Tabla 2).

**Tabla 2. Descriptivos de materia seca ( Gr/m<sup>2</sup>)**

MESES	RAIZ	%	HOJA	%	TALLO	%	AREA T	%
NOVIEMBRE	73.50	15.47	164.16	34.55	237.50	49.98	401.33	72.40
DICIEMBRE	93.33	27.60	76.66	22.67	168.16	49.73	224.83	72.40
ENERO	274.03	47.02	115.53	19.82	193.26	33.16	308.80	52.98
FEBRERO	263.50	45.95	112.00	19.53	198.00	34.52	310.16	54.05
MARZO	367.66	55.37	114.50	17.24	181.83	27.38	296.33	44.62
ABRIL	542.00	63.78	110.33	12.98	197.50	23.24	307.83	36.22

Para el material radicular se observó que los valores más altos ( 367.66 y 542.00), se presentaron en los meses de marzo y abril, encontrándose que existieron diferencias significativas al 0.05 entre los valores presentados durante los meses evaluados.

En cuanto a la fracción aérea hoja, los valores más altos se ubicaron en los meses de noviembre (164.16) y enero (115.53). Al analizar las diferencias encontradas a lo largo de los seis meses evaluados, se evidenció que las mismas fueron significativas (p < 0.05), lo cual indica que la cantidad la materia seca fue estadísticamente diferente a lo largo del tiempo.

En relación a la fracción aérea tallo, los valores más altos se ubicaron en los meses de noviembre (237.50) y febrero (198.00); sin embargo, no existieron diferencias significativas en relación a la materia seca en los meses evaluados. (p < .01). Es importante indicar que las diferencias observadas en la fracción aérea total responde a la influencia de las diferencias de la fracción aérea hoja.

Estos datos corroboran lo planteado por Mishra y Mall (1974), quienes estudiaron el *Dichanthium annulatum* (Forsk) Staps y reportaron que existen diferencias significativas entre las fracciones de la planta para las diferentes épocas del año.

En este caso de estudios del pasto alemán, durante la época de verano, se presentaron incrementos significativos en la producción de la biomasa radicular y se mantuvo prácticamente constante la producción de biomasa aérea. A pesar que las plantas se mantuvieron bajo el riego, desarrollaron un mejor volumen radicular durante el período sin lluvia, con una mayor exploración del suelo para la obtención de agua y nutrientes.

Esa mayor concentración de energía en el sistema radicular, trajo como consecuencia la estabilización del crecimiento de la biomasa aérea.

**Tabla 3. Eficiencia del pastizal en el almacenamiento de la energía radiante (%)**

MESES	RAIZ	HOJA	TALLO	AREA T
NOVIEMBRE	1.81	6.50	8.58	15.08
DICIEMBRE	2.17	2.25	4.52	6.77
ENERO	5.63	2.37	3.97	6.34
FEBRERO	4.29	3.64	5.35	8.99
MARZO	6.49	3.47	5.64	9.11
ABRIL	9.43	3.51	5.83	9.34

#### **Eficiencia del pastizal en almacenar la energía radiante.**

Durante el mes de abril se observa una mayor eficiencia del material radicular en almacenar la energía radiante en comparación con la fracción aérea total, lo cual es debido a que se presenta una mayor producción de materia seca del material radicular. Asimismo, se puede observar en el material radicular un aumento progresivo de la eficiencia a excepción del mes de febrero, y en la biomasa aérea fue noviembre el mes que evidenció mayor eficiencia en capturar la energía radiante. En resumen, puede indicarse que el pasto alemán fue eficiente en capturar la energía radiante.

Estos datos corroboran los planteamientos de Gupta (1972) quien trabajando con el *Dichantium annulatum*, encontró diferencias en el uso eficiente de la energía solar y reportó que los mayores valores se concentraban en la parte aérea verde, seguido por el sistema radicular. Resultados similares han sido reportados por Ovingtom y Heitkamp (1960) y Golley (1963).

Asimismo los resultados de Shankar et al (1977) reportaron que existe una mayor eficiencia de la captura de energía en la biomasa aérea que en la biomasa radicular.

Existe una distribución y una eficiencia diferencial en la concentración de la energía bruta acumulada por las plantas forrajeras durante el año. Independientemente que se trate de minimizar los efectos del verano por el suministro de agua en el riego, las plantas tienen un crecimiento diferente en el verano que en el invierno con distribuciones diferenciales de energía entre los componentes de las plantas. Evidentemente, se presentan factores no controlados entre los cuales pueden mencionarse algunos componentes del clima como temperatura, velocidad del viento, humedad relativa. Adicionalmente pueden señalarse algunas prácticas de manejo tales como fertilización, períodos de descanso y ocupación, los cuales afectan la estructura del pastizal y consecuentemente la acumulación de energía.

#### **Energía por área producida por el pastizal.**

En cuanto a las diferencias de energía por unidad de área producida por el pastizal (Tabla 4), se encontró que los valores más altos para materia radicular se ubicaron en los meses de Abril (945.79), Marzo (663.52) y Enero (509.70). En relación a la fracción aérea hoja, los meses de Noviembre (539.67), Marzo (355.14) y Enero (355.06) observaron los más altos valores. En cuanto a la fracción aérea tallo, se presentaron los valores más altos de energía en los meses de noviembre (712.09), Abril (584.94) y Marzo (576.31). En la fracción aérea total, estos valores se ubican en los meses de Noviembre (2552.36), Abril (1892.45) y Marzo (1858.30).

**Tabla 4. Energía por área producida por el pastizal (Kcal / m<sup>2</sup>)**

MESES	RAIZ	%	HOJA	%	TALLO	%	AREA T	%
NOVIEMBRE	149.94	10.70	539.67	38.50	712.09	50.80	2.522,36	89.30
DICIEMBRE	204.23	26.30	212.22	27.33	360.02	46.37	1.160,12	73.70
ENERO	509.70	36.20	355.06	25.21	543.39	38.59	1.824,48	63.80
FEBRERO	399.20	32.32	338.80	27.43	496.98	40.24	1.714,92	67.67
MARZO	663.52	41.60	355.14	22.27	576.31	36.13	1.858,30	58.40
ABRIL	945.79	50.25	351.49	18.65	584.94	31.08	1892,45	49.73

Al someter las diferencias observadas durante los diferentes meses de relación a la energía producida por el pastizal, el análisis de varianza indicó que existen diferencias significativas al 0.05% tanto para el material radicular, fracción aérea hoja, fracción aérea tallo y fracción aérea total.

Estos resultados concuerdan porcentualmente con lo reportado por Shankar et al. (1967), quienes señalan que la biomasa radicular contiene mayor energía que la biomasa aérea, situación ésta que se observó en meses determinados, específicamente el material radicular de Abril, que en comparación con los valores observados para fracción aérea hoja y tallo, fue el más alto. Sin embargo, no puede aseverarse el apoyo global, ya que la fracción aérea (hoja y tallo), obtuvieron valores mayores que los observados en el material radicular en otros meses del año, tales como, Noviembre y Diciembre (hoja) y Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero (tallo).

La acumulación diferencial de energía en los componentes de la biomasa de la planta durante las diferentes épocas del año deben tomarse como un indicador para ciertas prácticas de manejo. Si la planta presenta fluctuaciones en el suministro de energía bruta durante el año, así mismo deben ajustarse las cargas animales. De esta manera se asegura que los herbívoros domésticos, los cuales consumirán vegetal, obtendrán la energía que requieren para su crecimiento, producción y mantener la estabilidad del ecosistema pastizal. En este estudio, las fluctuaciones de energía entre los componentes de la planta fueron observados principalmente en el material radicular al final del período seco y en la biomasa aérea al final de la época lluviosa. Las mayores acumulaciones en la raíz pueden ser debido a la concentración de material orgánico (carbohidratos no estructurales, proteínas y grasas), las cuales son requeridas para la supervivencia de la biomasa aérea durante los potenciales períodos críticos. Las variaciones al final del período lluvioso (noviembre-diciembre), pueden ser debido a los estados de la defoliación y mayor madurez de la especie, por lo cual se concentra el mayor porcentaje de energía en la biomasa aérea.

#### **Relaciones entre la energía acumulada en el pastizal y biomasa con las condiciones climáticas.**

En cuanto a la relación entre la energía del material radicular y las condiciones climáticas, se observa en la regresión lineal general que dicha relación es media baja ( $r^2 = 0.47$ ), lo cual significa que alrededor de un 47% de la variación total de las observaciones con respecto a su media, puede explicarse por las variaciones de predicción incluidas en la ecuación de regresión. Ello es principalmente debido al efecto de la precipitación, evaporación, temperatura y humedad ambiental (Tabla 5).

En cuanto a la relación entre la energía de la fracción aérea total y las variables ecológicas, la regresión lineal general indicó que ésta es moderada media ( $r^2 = 0.62$ ) lo cual indica que el 62% de la variación de la energía de esta fracción con respecto a su media, puede explicarse por las variables de predicción incluidas en el modelo de regresión lineal, mientras que el 38% de la variación de la energía aérea total puede explicarse por factores ajenos a

**Tabla 5. Relación de los componentes de la planta y los factores del clima.**

Componentes de la planta	Ecuaciones de Regresión
Raíz (Y1)	$Y_1 = 0.002 Ev^* + 0.0059 \text{ pre.} - 0.32 T - 0.0022 H$
Aérea total (Y2)	$Y_2 = 0.0174 \text{ Prep} + 0.00014 T + 0.15 V - 0.20 H$

Ev = Evaporación

Prep.= Precipitación

T = Temperatura

H = Humedad

V = Velocidad del viento

las variables ecológicas consideradas en el modelo, debido a una influencia moderada de la precipitación, temperatura, velocidad del viento y humedad.

## Conclusiones

Existen diferencias significativas entre el flujo de energía del pasto alemán durante los meses evaluados en cuanto al material radicular, fracción aérea tallo y fracción aérea total, mientras que no existen diferencias significativas con respecto al flujo de energía de la fracción aérea hoja.

Existen diferencias significativas en la materia seca del pasto Alemán entre los meses evaluados, en cuanto al material radicular, fracción aérea hoja y fracción aérea total, mientras que no se observan diferencias significativas en cuanto a la fracción aérea tallo.

En cuanto a la diferencia del pastizal en capturar la energía radiante, se encontró que con la excepción del mes de Febrero y que la biomasa aérea evidenció mayor eficiencia en capturar la energía radiante en Noviembre.

Existen diferencias significativas en cuanto a la energía por área producida por el pastizal en los meses evaluados. Estas diferencias se reflejan en el material radicular, fracción aérea tallo, fracción aérea hoja y fracción aérea total.

La energía absorbida por el material radicular tiene una relación baja con la precipitación, evaporación, temperatura y humedad.

Las variables que poseen una influencia moderada sobre la energía de la fracción aérea total son la precipitación, temperatura y la velocidad del viento y la humedad, es decir, sobre la energía absorbida por tallos y hojas en forma conjunta.

### Literatura citada

- Comisión de Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (COPLANARH) 1968. Inventario Nacional de tierras. Región del Lago de Maracaibo. Venezuela. Publicación No. 34 p. 29.
- GOLLEY, F. B: 1963. Structure and function of in Old-field Broomsedge Community. Ecol. Monogr. 35: 113-31.
- GUPTA, S.K. 1972. Energy Structure of Standing Crop in Certain Grasslands at Gyanpor. Trop. Ecol. 13: 89-95.
- MISRA, C.M. y L. P. MALL 1974. Energy Storage and Transfers in a Tropical Grassland Comunity. Trop. Ecol. 25: 22-27.
- OVINGTON, J.D. y D. HEITKAMP. 1960. The Accumulation of Energy in Forest Plantation in Britain. J. Eco. 48: 639-46.
- SHANKAR. V., T.S. KACHWAHA y S.K. SAXENA, 1977. Factors Affecting Efficiency of Solar Energy Capture by Anjan (*Cenchrus ciliaris L...*) pasture. Forage Res. 3: 107-128.