

¿Cuánto afecta el nitrógeno y la frecuencia de pastoreo a la eficiencia en el uso de la radiación de una pastura?

Posse, Gabriela¹; Cristiano, Piedad M., ; Corin, Jorgelina y Di Bella, Carlos M.

1. Instituto de Clima y Agua, CIRN, CNIA, INTA

Castelar, Buenos Aires, ARGENTINA

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue cuantificar los cambios en la eficiencia de una pastura debidos a la fertilización y a diferente frecuencia de pastoreo. Se realizó un experimento factorial con dos factores: fertilización y frecuencia de corte. En cada parcela experimental se estimó periódicamente la fracción de energía interceptada (fAPAR) y la productividad primaria aérea según la biomasa cosechada. Teniendo el dato de la radiación incidente (PAR) se estimó la eficiencia. Los valores de μ variaron entre 0.62 y 1.93 g MS/MJ. Los mayores valores correspondieron a las parcelas con cortes más frecuentes.

Palabras clave: eficiencia en el uso de la radiación, productividad primaria, pastoreo.

ABSTRACT

The objective of this work was to quantify the changes in the efficiency of a pasture due to the different fertilization and use intensity. A two factor experiment was made on a pasture: fertilization and cut-off frequency. In each experimental plot we estimated the fraction of intercepted energy (fAPAR) and the aerial primary productivity by means of successive cuts. With the incident radiation (PAR) value the efficiency was estimated. The values varied between 0.62 and 1.93 g MS/MJ. The greater values corresponded to the plots with more frequent cuts.

Keywords: light use efficiency, primary productivity, grazing

Introducción

La productividad primaria neta (PPN), definida como la integral en el tiempo de los incrementos positivos de la biomasa, es la variable central relacionada al ciclo del carbono que permite resumir la interfase entre la vegetación y el resto de la cadena trófica (McNaughton *et al.* 1989, Field *et al.* 1995). Al mismo tiempo permite tener una buena medida de la condición del ambiente, ya que muchas veces la identificación de una tendencia decreciente en el tiempo se halla relacionada con la degradación del ambiente. La dinámica de la productividad es un componente fundamental en los sistemas pastoriles para la toma de decisiones en cuanto al manejo de los recursos forrajeros.

La PPN depende entre otros factores del clima, del tipo de suelo, del tipo de vegetación y de los disturbios (Running *et al.* 1999). La va-

riabilidad espacial y temporal de estos factores hacen que las estimaciones «directas» y en «tiempo real» a escala regional o global sean muy difíciles de concretar. De esta manera, se han desarrollado innumerables métodos de estimación de la PPN. Por un lado se han desarrollado modelos de simulación muy complejos que requieren de un número importante de variables de estado y de flujo; donde su precisión y confiabilidad se contraponen con la dificultad de contar con la innumerable cantidad de variables de entrada. En otro extremo se encuentran los modelos muy simples pero poco exactos como son aquellos que a partir de la precipitación estiman la PPN (Lauenroth 1979). En una situación intermedia encontramos el modelo energético desarrollado por Kumar & Monteith

¹ Contacto autor: Te: +54 11 4621 0125 /5663 /1463 /1684 /8496 int 109

Correo electrónico: gposse@cnia.inta.gov.ar

Copyright: Instituto de Clima y Agua, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA Castelar, Buenos Aires, Argentina.

(1981). Este modelo descompone la PPN en diferentes parámetros:

$$PPN = \epsilon * f_{APAR} * PAR$$

donde ϵ es el coeficiente de eficiencia en el uso de la energía, f_{APAR} es la fracción de la radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación y PAR es la radiación fotosintéticamente activa incidente.

Los estudios iniciales con especies cultivadas sugerían que ϵ es estable entre especies (Montieth 1972) y la teoría predijo cierta convergencia de los ϵ a través de las distintas especies vegetales (Field 1995). Los modelos de eficiencia en el uso de la luz han sido aplicados regionalmente y globalmente pero han sido validados en pocos lugares. Este punto introduce una importante fuente de error potencial en estimaciones globales de la PPN. Cuando los valores de ϵ se empezaron a medir en amplios rangos de especies se observó que existían importantes diferencias entre sí (Ruimy *et al.* 1994; Gower *et al.* 1999). El estado fenológico, las condiciones climáticas tales como la radiación, la temperatura y la disponibilidad de agua han sido reconocidos como variables que afectan a este parámetro (Moreau *et al.* 2003). Por otro lado sabemos que el pastoreo puede afectar, además de la estructura y composición florística de la vegetación, la tasa de crecimiento relativo (RGR). Ambos valores, el RGR y el ϵ son tasas, relativas a diferentes variables, pero relacionadas potencialmente. En ambos casos, el pastoreo puede o no afectarlos y los cambios podrían ser positivos o negativos.

El objetivo de este trabajo fue cuantificar los cambios en la eficiencia de una pastura debidos a la fertilización y a diferentes frecuencias de pastoreo.

Materiales y métodos

Sobre una superficie de 25 x 25 m a cielo abierto, dentro del predio del INTA Castelar, se delimitaron cuatro cuadrados de 10 m x 10 m cada uno. Un día antes de sembrar se fertilizó toda el área con fosfato diamónico (60 Kg/ha) Al día siguiente (19 de Mayo) se sembró al voleo una pastura con la siguiente composición y proporciones: *Festuca arundinacea* (5Kg /ha), *Lolium perenne* (8 Kg/ha), *Trifolium repens* (2 Kg /ha) y *Trifolium pratense* (1 Kg/ha). El 5 de Junio las semillas germinaron, observándose plántulas emergidas en el suelo. Cuando las plantas macollaron, a los 91 días de la germinación, se fertilizó con urea (100 Kg/ha) los dos cuartos asignados al tratamiento con fertilización de nitrógeno, con un diseño en 2 bloques.

Dentro de cada cuarto se delimitaron mediante estacas y alambres 9 parcelitas fijas de 25 x 25 cm cada una. Dentro de las 9 parcelitas de cada cuarto, 3 de ellas se asignaron al tratamiento sin cosecha, 3 se cosecharon 1 vez por mes y otras 3 cada quince días.

Las mediciones se iniciaron el 6 de octubre. Semanalmente se estimó en cada parcelita mediante un sensor lineal de flujo de fotones la fracción de la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la vegetación (f_{APAR}). Este dispositivo fue colocado sobre el canopeo y debajo de mismo (al ras del suelo) en cada parcelita a muestrear. Por parcelita se tomaron 3 mediciones de la radiación transmitida que luego se promediaron. El f_{APAR} se estimó como

$$f_{APAR} = 1 - (PAR_i / \Sigma(PAR_t / 3))$$

donde PAR i es la radiación entre 400 y 700 nm medida sobre el canopeo y PAR t es la medida al ras de suelo. En las mismas muestras midió la reflectancia con un espectroradiómetro hiperespectral ocean optics, el cual registra la reflectancia entre los 300 y los 1100 nm con una resolución de 1 nm. Después de tomar estas mediciones, se tomaron fotos digitales. Cuando correspondía, según el tratamiento y el plan de muestreo, se cosechó toda la biomasa aérea de cada parcelita cortando con tijera hasta 2 cm del suelo. La biomasa se secó en estufa por 72 horas y se pesó. El ensayo finalizó el 29 de enero de 2007, cosechándose todas las parcelas.

Los datos de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) se tomaron de una estación meteorológica automática situada a 50 m de la parcela experimental. Los valores de APAR se calcularon para cada período entre mediciones multiplicando el PAR diario acumulado en el período por el promedio del f_{APAR} .

La eficiencia en el uso de la radiación se estimó como la pendiente de la regresión entre la biomasa acumulada por períodos en función del APAR acumulado en los mismos períodos. Esto se calculó para cada tratamiento (frecuencia de corte x fertilización). Para cada pendiente se calcularon los intervalos de confianza para poder comparar los valores entre sí. Se analizaron mediante ANOVAS de 2 factores las diferencias encontradas en los valores de productividad total y APAR total.

Se realizó un análisis de regresión lineal simple para cada combinación de nivel de fertilizante (dos niveles) y corte (tres niveles) según el modelo (1), lo que nos determinó 6 modelos de regresión simple

$$y_{ij} = 0 + \beta_i + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

Donde y_{ij} representa la biomasa acumulada, β_i es la pendiente de la recta y ε_{ij} es el error aleatorio. Los valores de $i = 1-6$, corresponden los tratamientos aplicados.

Para probar la hipótesis nula : $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6$, se utilizó el modelo (2)

$$y_{ij} = (\alpha * \tau)_i * \delta_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

Donde α representa el efecto del fertilizante, τ el efecto del corte, δ_{ij} el apar y ε_{ij} el error aleatorio. Se realizaron contrastes de tratamientos para las distintas combinaciones de $(\alpha * \tau)_i * \delta_{ij}$, lo que es equivalente a realizar una prueba de pendientes iguales. (Weber, 2000). Para el procesamiento de datos se utilizó el soft estadístico R (R, 2007).

Resultados

La PPNA no mostró diferencias significativas entre los tratamientos (Fig. 1). En cambio, sí hubo diferencias significativas en los valores calculados de APAR. Tanto la frecuencia de corte como la fertilización afectaron los valores de esta variable ($p < 0.01$) pero no hubo interacción entre ambos factores. Las parcelas sin corte tuvieron mayores valores respecto a las parcelas cortadas, con cualquiera de ambas frecuencias de corte, con cualquiera de ambas frecuencias de corte ($p < 0.01$). Las parcelas fertilizadas con N tuvieron mayores valores de APAR que las no fertilizadas pero las diferencias no fueron significativas (Fig. 2).

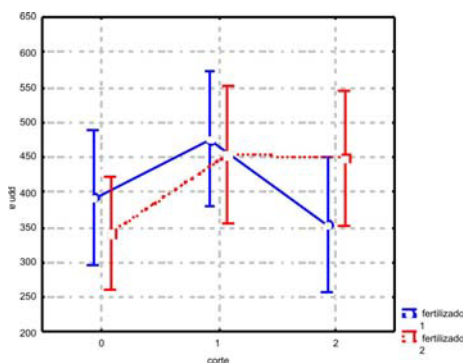


Fig. 1. Productividad Primaria Neta Aérea final para los dos tratamientos analizados: fertilización y frecuencia de corte.

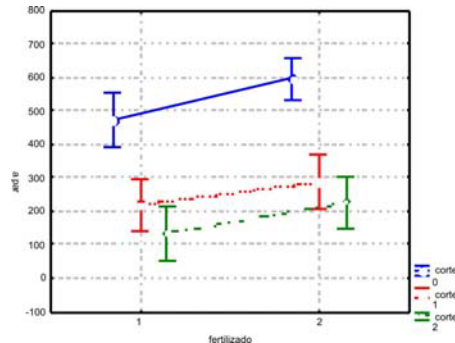
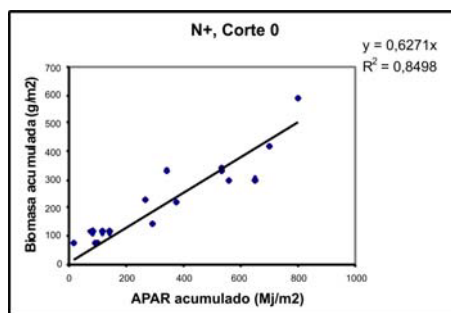


Fig. 2. Radiación fotosintéticamente activa absorbida (APAR) por los canopeos para los dos tratamientos analizados: fertilización y frecuencia de corte.

Los valores de eficiencia en el uso de la radiación variaron entre 0.62 y 1.93 g/MJ. El menor valor correspondió a las parcelas fertilizadas con N y sin corte. Dentro de las parcelas sin fertilización de nitrógeno, la eficiencia fue aumentando con el aumento en la frecuencia de corte. Dentro de las parcelas fertilizadas con nitrógeno, no hubo diferencias significativas entre las dos frecuencias de corte, pero ambas tuvieron mayores valores que en las parcelas no cortadas. Cuando hubo diferencias significativas debido a la fertilización con N (en las parcelas sin corte y con la mayor frecuencia de corte), éstas resultaron opuestas a lo esperado (Fig. 3).



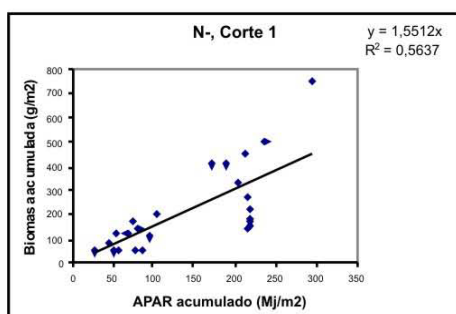
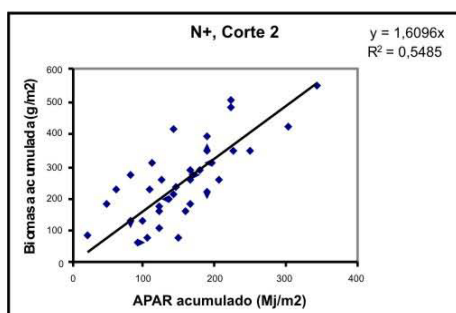
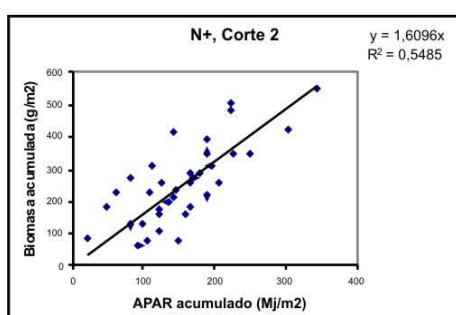
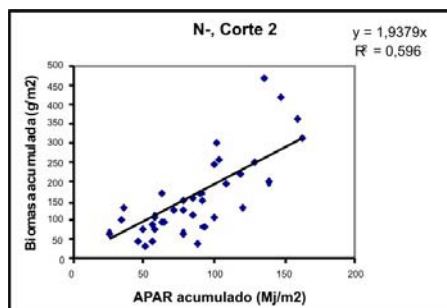
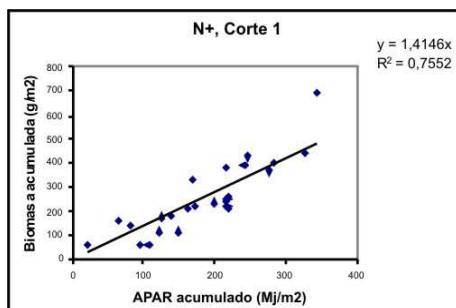


Fig. 3: Regresiones entre la biomasa acumulada y el APAR acumulado para cada uno de los tratamientos. La pendiente de la regresión es el valor de la eficiencia en el uso de la energía (g/Mj). N+: fertilizado con N; N-: no fertilizado con N. Corte 0= sin corte durante el ensayo; Corte 1: tratamiento con frecuencia de corte de 1 vez por mes; Corte 2: frecuencia de corte 1 vez cada 15 días.

Discusión

A pesar de que los tratamientos no tuvieron efectos directos sobre los valores de PPNA debido a la alta variabilidad entre las muestras, sí se pudieron detectar diferencias significativas en los valores de APAR y de eficiencia. Si bien en el área de estudio se sembró una pastura compuesta por sólo cuatro especies forrajeras típicas de la Llanura Pampeana, la composición florística finalmente obtenida resultó muy variada debido a la instalación de malezas provenientes de los alrededores de la parcela experimental. Al mismo tiempo, la instalación de las especies invasoras no fue homogénea, por lo cual cada parcela tuvo finalmente una composición florística particular. Suponemos además que los tratamientos han influido directamente sobre la composición florística final de las parcelas ya que la mayor frecuencia de corte promovió nuevas colonizaciones debido a la apertura del canopeo.

Como consecuencia de la ausencia de corte, la vegetación pudo absorber mayor cantidad de radiación (mayores valores de APAR). Evidentemente la dosis de nitrógeno con la que se fertilizó fue insuficiente, ya que no se detectó un aumento en la PPNA ni en los valores de APAR. Sin embargo, sí se detectaron diferencias en los valores de eficiencia de las parcelas fertilizadas vs. las no fertilizadas, aunque opuestos a lo esperado. Esto podría deberse a las diferencias en la composición florística, tal vez inducidas

por la diferencia en la disponibilidad de nitrógeno, al menos inicialmente, luego de la fertilización.

Las diferencias más claras y marcadas para los valores de eficiencia fueron las encontradas entre las parcelas cortadas y las no cortadas. Esto nos muestra cómo el pastoreo puede aumentar la eficiencia en el uso de la radiación de la vegetación, probablemente debido al estado más joven de los tejidos fotosintéticos y a la ausencia de acumulación de material senescente. Las parcelas con mayor frecuencia de corte llegaron a tener una eficiencia de 1.93 g/MJ (en el caso de las no fertilizadas), una vez y media más que las no cortadas. Por otro lado nos llama la atención la alta variación encontrada en cuanto a los valores de eficiencia, poniendo de manifiesto claramente la importancia de tener buenas estimaciones de este parámetro, que se encuentra lejos de ser constante en el tiempo y entre tipos de vegetación, aun dentro de un mismo tipo fisonómico como son los pastizales.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) SECyT a través del PICT 08-13931 y por los proyectos de INTA N° 294000 y 294420. La Lic. Piedad Cristiano posee una beca doctoral de la Secyt. El Instituto de Clima y Agua, INTA Castelar, nos brindó las instalaciones e infraestructura. Agradecemos a Juan Manuel Carballeda por su colaboración en el trabajo experimental y a la Ing. Teresa Boca por su ayuda con los análisis estadísticos.

Referencias

Field, C.B., Randerson, J.T., Malmstrom, C.M. (1995) Global Net Primary Production: Combining Ecology and Remote Sensing, *Remote Sensing Environment*, 51: 74-88.

Gower, S.T., C.J. Kucharik & J. Norman. 1999. Direct and indirect estimation of leaf area index, fAPAR and net primary production of

terrestrial ecosystems. *Remote Sensing of Environment* 70: 29-51.

Kumar, M. and Monteith, J.L. 1981. Remote Sensing of crop growth. In: H. Smith (ed.), *Plants and the daylight spectrum*. Academic Press, London: 133-144.

Lauenroth, W.K. 1979. Grassland primary production: North American grasslands in perspective. EN: French, N.R. (ed.). *Perspectives in grassland ecology*. Ecological studies, Vol. 32, chapter 1, 3-22. Springer-Verlag, New York.

Mc Naughton, S., Oesterheld, M., Frank, D.A., Williams, D.J. (1989) Ecosystem-level patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. *Nature*, 341: 142-144.

Monteith, J. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 9: 747-66.

Moreau, S., R. Bosseno, X.F. Gu & F. Baret. 2003. Assessing the biomass dynamics of Andean *bofedal* and *titora* high-protein wetland grasses from NOAA/AVHRR. *Remote Sensing of Environment* 85: 516-529.

R Development Core Team (2007). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Ruimy, A., Saugier, B., Dedieu, G. 1994. Methodology for the estimation of terrestrial net primary production from remote sensed data. *Journal of Geophysical Research*, 99: 5263-5283.

Running, S.W., D.D. Baldocchi, D.P. Turner, S.T. Gower, P.S. Bakwin & K.A. Hibbard. 1999. A global terrestrial monitoring network integrating tower fluxes, flask sampling, ecosystem modelling and EOS satellite data. *Remote Sensing of Environment* 70: 108-127.

Weber D. C., Skillings J. H. (2000) *A first course in the designs of experiments. A linear Models Approach..* Miami University. Oxford , Ohio. CRC Pres.