

Ing. Agr. Dr. Pablo Boggiano
Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani
Facultad de Agronomía, Universidad de la República (UDELAR)

Introducción

Los sistemas de producción en campo natural son ecosistemas pratenses bajo pastoreo, en los cuales podemos reconocer diferentes compartimientos (ver figura 1).

Uno de estos compartimientos está integrado por factores del ambiente: energía solar, precipitaciones, anhídrido carbónico atmosférico, temperatura. Entre estos la energía solar es la fuente de energía para nuestros sistemas de producción y, aproximadamente, el 50 % es fotosintéticamente activo. Dicha radiación es capturada por los seres autótrofos, las plantas verdes, que son las encargadas de realizar la fotosíntesis y producir la materia seca, sustento para los seres heterótrofos.

La materia seca producida, denominada producción primaria, se particiona en aérea y subterránea y en las pasturas perennes menos de una tercera parte corresponde a la materia seca aérea. La producción primaria aérea es cosechada por los consumidores primarios o herbívoros y transformada en producción secundaria como carne, leche o lana. Parte de dicha biomasa es reciclada por la mesofauna y microorganismos que reducen en tamaño los detritos de la materia seca muerta, integrándola al suelo, determinando el funcionamiento de todo el ecosistema.

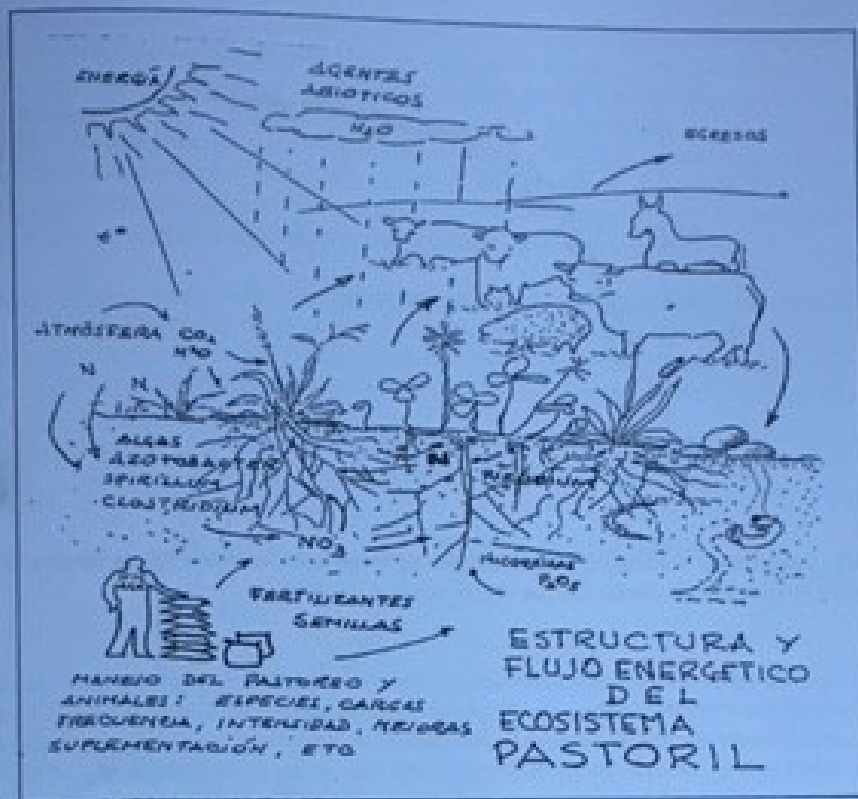


Figura 1. Estructura básica y ciclo energético en el ecosistema praterense. Millot, Rizzo y Methol (1987).

Como es un ecosistema manejado por el hombre algunos de estos factores del ambiente pueden ser modificados, como la disponibilidad de agua, nutrientes a través de la fertilización y las especies animales en pastoreo. La carga animal y los métodos de pastoreo determinan la frecuencia e intensidad con que son removidos hojas y tallos por los animales.

Captura de la radiación y producción de forraje

La intensidad de defoliación determina qué cantidad de la energía radiante que llega a nivel del dosel vegetal es capturada. Esto constituye la primera limitante que tienen estos sistemas pastoriles y es que las láminas foliares de las plantas son, simultáneamente, los órganos que capturan la energía radiante y sintetizan la materia seca y también el alimento para los animales. Por lo tanto, estos sistemas que funcionan en base al flujo de energía solar donde esta tiene que ser capturada por las plantas para transformarse en alimento para los animales, tiene la característica de que, para obtener la producción comercializable, se consume el área foliar, que es la estructura responsable de la producción de alimento.

En la figura 2 se grafica la evolución de la eficiencia de intercepción de la radiación incidente (Ei) en función de la evolución del índice de área foliar (IAF) en una pastura de alfalfa y se aprecia que a medida que el índice de área foliar aumenta se logra una mayor intercepción de la radiación hasta un punto donde la curva se vuelve asintótica, es decir, que incrementos en el IAF no producen aumentos de intercepción ya que dichos aumentos del IAF se dan con superposición de hojas nuevas sobre las ya existentes.

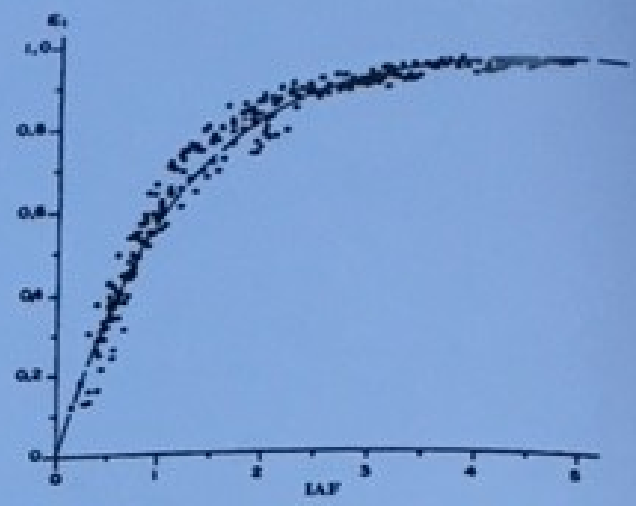


Figura 2. Evolución de la eficiencia de intercepción de la radiación incidente (Ei) en función de la evolución del índice de área foliar (IAF) en alfalfa. Gosse et al., 1984.

Un ejemplo de cómo afecta la intensidad de pastoreo la absorción de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en condiciones de campo natural, se presenta en la figura 3, donde se muestra la evolución del porcentaje de PAR absorbido en función de los días de descanso postpastoreo para un campo natural sometido a tres ofertas de forraje (OF) 4, 9 y 14 kg de materia seca verde por 100 Kg. de peso vivo animal por día (la intensidad de pastoreo se expresa como oferta de forraje).

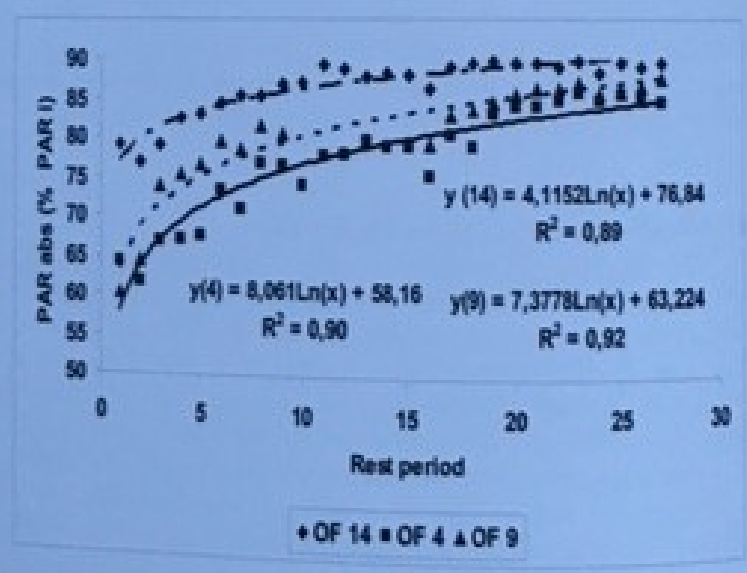


Figura 3. Evolución del porcentaje de radiación fotosintéticamente activa incidente que es absorbida por un campo natural sometido a ofertas de forraje de 4, 9 y 14 % PV. Boggiano et al. 2011.

A medida que los días de descanso se incrementan, el porcentaje de la radiación absorbida por el dosel del campo natural aumenta mostrando un patrón similar a la figura 2. Sin embargo, la

intensidad de pastoreo definida por las OF impone respuestas diferentes: a mayor intensidad pastoreo (4% OF) el índice de área foliar remanente es menor y la pastura se recupera más lentamente, no alcanzando los valores de intercepción que se logra con menores intensidades de pastoreo (9 y 14 % OF). Visto de otra manera, si consideramos que a los veinte días de descanso los tratamientos con menor intensidad (OF 9 y 14%PV) llegan a valores de absorción muy cercanos al máximo, en el tratamiento de 4% OF esto no se logra. Esto indica que a mayor intensidad de pastoreo menos radiación es capturada por la pastura, más radiación se pierde y no va aportar para la fotosíntesis, limitando la producción de forraje.

La relación entre el incremento del índice del área a foliar y la producción de forraje se aprecia en la figura 4, donde se observa que a medida que se incrementa el índice de área foliar aumenta la tasa de crecimiento (expresada en kilogramos de materia seca por hectárea y por día) en forma asintótica, de la misma manera que la eficiencia de intercepción de la radiación.

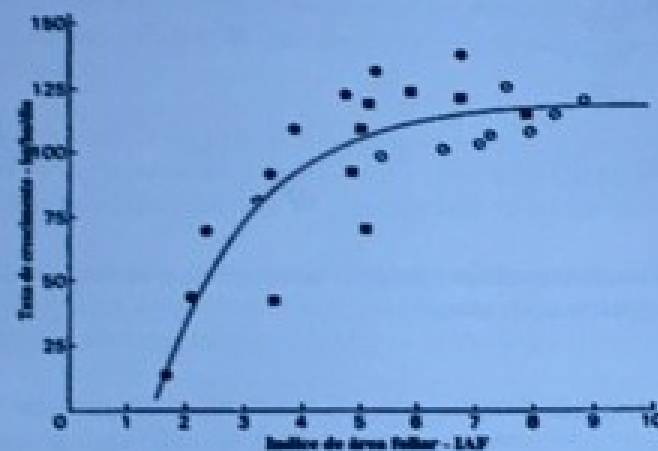


Figura 4. Evolución de la tasa de crecimiento de una pastura de *Lolium* sp. en función del IAF. Brougham, 1956.

Existe una asociación directa entre mayor intensidad de luz interceptada y mayor acumulación de materia seca, hasta un valor de IAF a partir del cual no aumenta la captura de energía radiante y, por tanto, tampoco incrementa la tasa de crecimiento. Es responsable de este comportamiento asintótico el sombreado que generan los nuevos estratos de hoja que no se traducen en un incremento de la radiación interceptada.

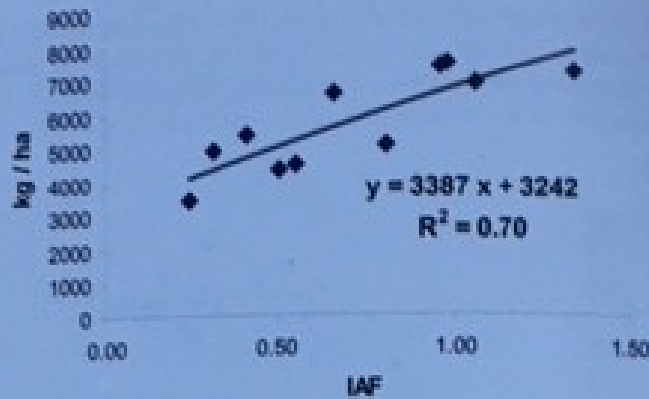
Se deben considerar los dos componentes en la captura de radiación: el tamaño de la antena expresado por el índice de área foliar y la eficiencia de captura de la energía por las hojas, o sea, la eficiencia con que es absorbida la energía radiante y transformada en materia seca. Entre los factores que afectan la eficiencia de captura están la edad de la hoja y el contenido de nutrientes, fundamentalmente el nitrógeno que compone la molécula de Rubisco y clorofila lo que modifica las concentraciones de estas en las láminas foliares, afectando la eficiencia fotosintética.

Otro de los factores que afecta la eficiencia de captura de la radiación es el contenido de agua en la planta a través de la regulación estomática que afecta el intercambio de CO_2 con la atmósfera actuando sobre la fotosíntesis y la expansión celular que afecta la extensión foliar y, por lo tanto, el área foliar.

En el caso de una pastura de sorgo sometida a cuatro intensidades de pastoreo, la figura 5 muestra la relación entre el índice de área foliar pospastoreo y los kilos de materia seca

producidos. Nuevamente se aprecia que incrementos del índice del área foliar se asocian a mayor producción de forraje del sorgo, aumentado de 3000 a 7000 kg de materia seca por aumentar el índice de área foliar remanente postpastoreo.

Existe una relación directa entre la altura o la intensidad con la que la pastura es defoliada cuando representan las variaciones en el IAF y la capacidad de captura de radiación estando asociado directamente a la producción de forraje.



La Figura 5. Relación entre IAF remanente pos pastoreo y producción de materia seca de sudangra (*Sorghum sudanense*) (Gabar et al., 2004).

Conocer la curva de crecimiento para los diferentes tipos de pasturas permite definir el momento indicado para pastoreo o corte, ya que se modifica con las características estructurales de dosel, que definen los rangos de IAF óptimo.

En la figura 6 se grafica la acumulación de materia seca de forraje verde de dos pasturas a través del tiempo (A), luego de ser defoliadas, donde el nivel W de inicio representa el remanente en Kg/ha de materia seca y se las deja llegar a la máxima acumulación de forraje verde. Se observa que la pastura con menor remanente presenta una curva de acumulación de forraje del tipo sigmoide: inicialmente presenta una fase de recuperación lenta que puede ser más o menos marcada en función de la intensidad de defoliación, continua una fase de crecimiento exponencial y luego lineal. A medida que transcurre el tiempo la acumulación se da a tasas decrecientes hasta que se torna asíntotica, donde se igualan crecimiento y senescencia, manteniendo constante la acumulación de forraje verde.

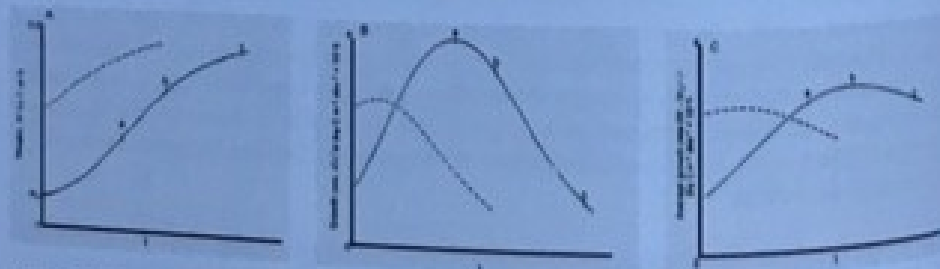


Figura 6. Efecto de dos intensidades de defoliación sobre (a) evolución de la biomasa aérea, (b) tasa instantánea de crecimiento y (c) tasa promedio de crecimiento durante el periodo de rebrote de una pastura defoliada en forma leve (líneas punteadas) o severa (líneas enteras). Parsons, 1988.

La figura B muestra la tasa instantánea, es decir, los incrementos marginales por unidad de

tiempo que indica. En el punto (a) es la acumulación por la tasa instantánea donde empieza punto donde la a correspondiera al óptimo de la pastura la tasa promedio estamos perdiend

El momento óptimo en términos de m siendo modificad horizontal como l de área foliar, en a valores de IAF n

Al considerar la r foliar mayor), la i sino que ya parte

La pastura que ini -al máximo de pr reponer estructu

Analizado en el r que es mayor la mayor proporción tanto menos efi mayores en la pa

La pastura con n eficiencia fotosin de la pastura, k procesos se ma área tiende a se dosel. A medida rojo/rojo lejano fundamentalme disminución del la pastura con r de crecimiento intensa, lo cual

Por otro lado, de materia sec en desarrollo t horizonte más una menor efi luminosos, con y se expanden

Por lo tanto,

tiempo que indican la velocidad de acumulación en función del tiempo desde la defoliación. En el punto (a) es donde se encuentra la máxima tasa de acumulación instantánea, pero aún la acumulación promedio (C) es creciente. En el punto (b) la velocidad de acumulo indicada por la tasa instantánea es decreciente y estamos en la región de máxima tasa promedio que es donde empieza a estabilizarse la acumulación de forraje verde. Esta zona equivaldría al punto donde la acumulación dejó de ser lineal y empezó a acumular a tasas decrecientes y correspondería al momento óptimo para pastorear. Aquí estaríamos en el entorno del IAF óptimo de la pastura. Pasado ese punto la tasa de acúmulo instantáneo es baja haciendo que la tasa promedio decrezca. Por lo tanto, si se espera hasta este momento (c) para pastorear estamos perdiendo producción de forraje y acumulando senescencia.

El momento óptimo de pastoreo cambia para cada una de las pasturas, pudiendo definirse en términos de masa de forraje presente, tiempos de rebrote, índice de área foliar o alturas, siendo modificado por la estructura de la pastura. En especies con disposición de hojas más horizontal como los tréboles este punto ocurriría antes en términos de tiempo o de índices de área foliar, en cambio en especies más erectas como gramíneas, este punto se produciría a valores de IAF más altos.

Al considerar la respuesta de la pastura con mayor remanente postpastoreo (índice de área foliar mayor), la curva no presenta la fase inicial de recomposición del índice del área foliar sino que ya parte de esa área foliar más alta, presentando forma curvilínea.

La pastura que inicia el rebrote con mayor IAF llega más rápidamente al máximo de intercepción -al máximo de producción acumulable- frente a la más intensamente defoliada que tuvo que reponer estructuras para luego recuperar la tasa de acumulación de forraje.

Analizado en el mediano plazo, a través de lo que sucede con las tasas instantáneas, vemos que es mayor la tasa instantánea de la pastura más intensamente pastoreada y que repuso mayor proporción de hojas frente a la pastura que mantuvo un área foliar más vieja y por tanto menos eficientes fotosintéticamente. Eso lleva a mantener producciones promedio mayores en la pastura que fue mantenida con un área foliar más eficiente fotosintéticamente.

La pastura con mayor área foliar remanente, acumula más forraje senescente reduciendo la eficiencia fotosintética del dosel y presentando mayor sombreado en los estratos inferiores de la pastura, lo que determina que su tasa instantánea de producción decrezca. Si estos procesos se mantienen en el tiempo, el número de puntos de crecimiento por unidad de área tiende a ser menor, en respuesta a cambios en la calidad de la radiación que atraviesa el dosel. A medida que la profundidad del horizonte de hojas aumenta, la relación de radiación rojo/rojo lejano que llega a la base de las plantas disminuye, debido a que las hojas absorben fundamentalmente radiación en el rango de longitudes de onda del rojo, determinando una disminución del macollaje en gramíneas o desarrollo de tallos en leguminosas. En cambio, en la pastura con menor índice de área foliar remanente la radiación llega a nivel de los puntos de crecimiento con una relación rojo/rojo lejano mayor promoviendo una ramificación más intensa, lo cual explica esa mayor tasa instantánea que lleva a una mayor producción.

Por otro lado, pasturas que mantienen un IAF remanente más alto y mayor acumulación de materia seca en el perfil, presentan un horizonte más profundo a través que las hojas en desarrollo tienen que atravesar para expandirse. En la medida que la hoja atraviesa un horizonte más profundo, pasa más tiempo en condiciones de baja radiación lo que determina una menor eficiencia fotosintética de la misma frente a una hoja formada en ambientes más luminosos, como sería el caso de las hojas que transcurren dentro de seudotallos más cortos y se expanden más rápido.

Por lo tanto, el manejo de las pasturas requiere variar la intensidad del pastoreo entre

estaciones del año en la medida que cambian las condiciones ambientales que determinan el crecimiento y la acumulación de forraje. Así, la remoción de la acumulación de forraje que se da hacia fin de verano – inicio de otoño es necesaria para lograr una mayor dinámica de rebrote y reponer con estructuras nuevas que son fotosintéticamente más activas.

En la figura 7 se presentan tres situaciones de ambiente lumínico. Se grafica en abscisas el tiempo y en ordenadas la variación en la tasas de los procesos de fotosíntesis (P), respiración (R), crecimiento (G), senescencia (D), crecimiento neto (NA) y debajo la producción acumulada neta (NA).

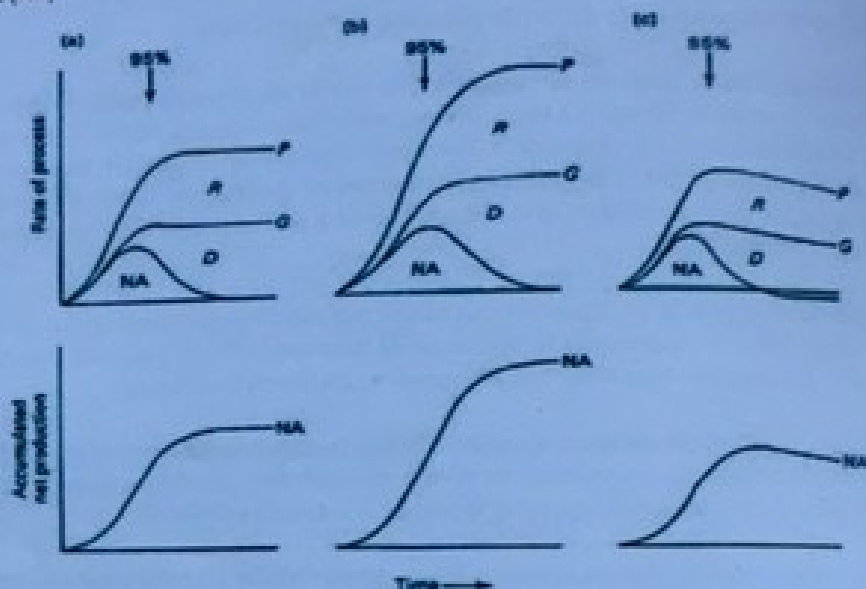


Figura 7. Relaciones entre tasa de fotosíntesis bruta (P), respiración (R), producción bruta (G), acumulación neta (NA) y senescencia (D) en pasturas creciendo en (a) un ambiente constante; (b) ambiente con luminosidad creciente como primavera; (c) ambiente con luminosidad decreciente como otoño. Los gráficos inferiores muestran los patrones de acumulación neta. Las flechas indican el momento donde se logra el 95 % de la intercepción de la luz.

En la gráfica (a) se presenta las relaciones en un ambiente de menor radiación, donde los máximos se alcanzan antes por la limitante lumínica. En la gráfica (b) se observa lo que sucede cuando pasamos a un ambiente como la primavera donde hay mayor radiación incidente, pero además, se da un cambio en la estructura de la pastura, que al ser inducida a florecer se torna más erecta por el alargamiento de los entrenudos. Esto cambia la distribución del área foliar en el perfil, quedando más abierta y permitiendo mayor penetración e intercepción de la luz resultando en mayor tasa fotosintética por unidad de superficie. Esto explica en parte los picos de producción primaveral que se dan en las pasturas, lo que permite aprovechar la mayor disponibilidad de otros recursos del ambiente.

En cambio, al pasar de otoño al invierno (c) podemos encontrar tasas netas de acumulación negativas, es decir, que la tasa neta no se mantiene estable sino que tiende a caer, decrece y aquí se grafica como valores negativos. Esto se da porque la senescencia es mayor que el crecimiento, como sucede con especies estivales que se necen rápidamente frente a fríos o heladas.

Por otro lado, dado que la extensión foliar es una función exponencial de la temperatura y la tasa de aparición es una función lineal de la temperatura, a iguales sumas térmicas, en

una estación más caliente se forman hojas más grandes que en una estación fría. Por tanto, cuando pasamos de otoño a invierno las hojas que se reponen a igual suma térmica son de menor longitud y tamaño que las hojas senescentes que se habían formado en la estación anterior.

Relaciones entre producción de forraje y producción animal

Si consideramos el crecimiento de una pastura desde un punto de inicio cercano a biomasa mínima o cero (ver figura 8), hay un período de rebrote que acumula fundamentalmente hojas nuevas hasta que comienzan los procesos de senescencia y comienza a acumular material senescente.

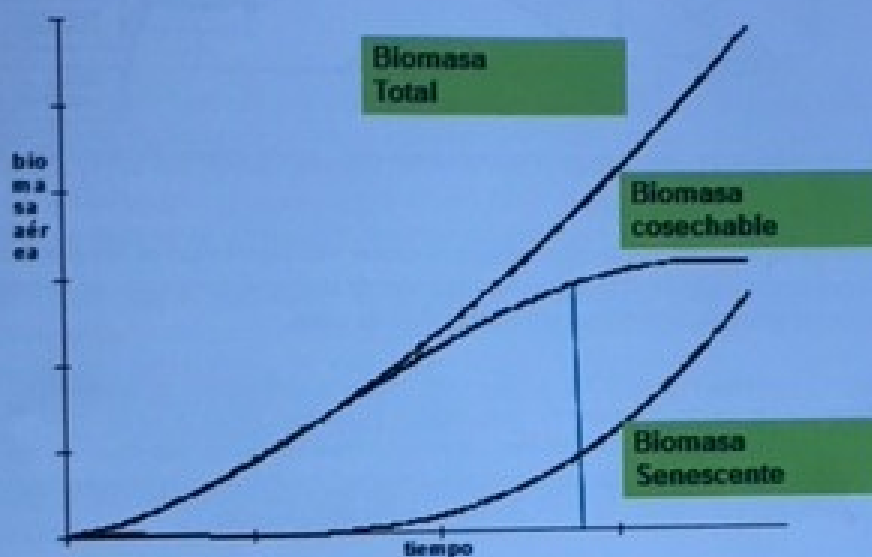


Figura 8. Evolución de la biomasa primaria y de la biomasa cosechable en función del tiempo de rebrote. Nabinger, 1998.

La biomasa total es la suma de la biomasa verde, que algunos autores denominan como cosechable más el material senescente. Al tratarse la acumulación total de material senescente y verde, esta es siempre creciente a diferencia de la línea de biomasa verde que cuando se iguala el crecimiento con la senescencia se hace asintótica. Si bien este incremento de la biomasa verde constituye un aumento en la cantidad de biomasa total, su digestibilidad y contenido en proteína disminuye al acumularse material muerto, además de perjudicar los procesos de rebrotes al quedar mayor proporción de material poco eficiente fotosintéticamente para el rebrote.

La pastura bajo pastoreo está sujeta al efecto de los factores del ambiente y de los herbívoros pastoreadores. El diagrama de la figura 9 presenta un modelo funcional donde se integran los componentes de la producción animal, de la pastura y cómo interactúan.

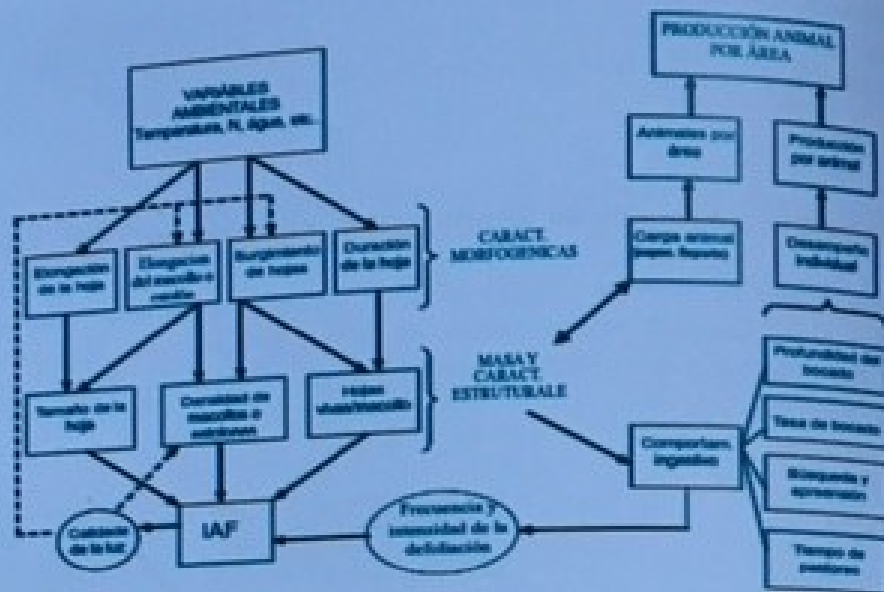


Figura 9. Modelo conceptual de las relaciones suelo-clima-planta-animal. Nabinger et al 2009

Las variables ambientales afectan las características morfológicas de las pasturas que son determinantes de las características estructurales de la misma, de la masa de forraje presente y de su crecimiento, determinando la capacidad de carga.

A su vez, la carga animal actúa a través del consumo definiendo la cantidad y calidad de la biomasa removida y remanente presente en el campo. Tanto la carga como las características del forraje disponible actúan sobre el comportamiento ingestivo de los animales condicionando el desempeño individual de los mismos, modificando la frecuencia e intensidad de defoliación y por tanto, el índice de área a foliar de la pastura.

El IAF está definido por la combinación de las características estructurales, número de unidades de crecimiento por área, tamaño de las hojas y el número de hojas. Las modificaciones en IAF determinan cambios en la calidad de la luz que llega a nivel de los puntos de crecimiento, actuando directamente sobre el macollaje de las gramíneas o ramificación de las leguminosas lo que determina modificaciones de la masa de forraje presente en la pastura.

En la figura 10 se presenta un ejemplo de cómo la intensidad del pastoreo afecta a la producción de forraje, la tasa de crecimiento y el forraje presente en el campo bajo pastoreo continuo.

Tanto la tasa de crecimiento como la producción de forraje crecen a medida que aumenta la disponibilidad de forraje, lo que estaría reflejando aumentos del índice de área foliar y por tanto aumentos en la captura de radiación. La producción de forraje es explicada por la captura de carbono a través de la fotosíntesis, por lo que una mayor capacidad fotosintética de la planta significa mayor producción, que a su vez se refleja en mayor macollaje y mayor desarrollo radicular para poder explorar y capturar los recursos del suelo. A medida que seguimos incrementando la cantidad de forraje presente decrece la producción por la acumulación de hojas viejas y senescentes que determina aumento del sombreado, reducción en los ritmos de recambio foliar y de macollaje.

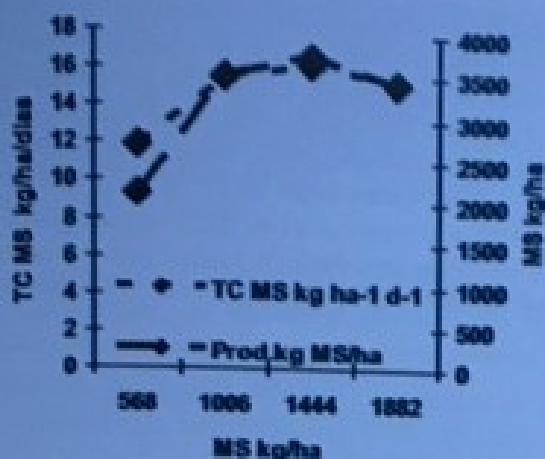


Figura 10. Relación entre la materia seca remanente (MS kg/ha) en ordenadas, tasa de crecimiento (TC MS Kg./ha/días) y producción (MS Kg./ha), en campo natural pastoreado en forma continua y Maraschin et al 1997.

La eficiencia foliar está asociada a la edad del IAF. Cuando el rastrojo es más bajo se da un mayor recambio de las hojas por lo que se mantiene una mayor proporción de hojas nuevas en el dosel que presentan mayor eficiencia fotosintética, lo que se refleja en una mayor tasa de acumulación de materia seca por unidad de área foliar. Cuando el dosel se mantiene con mayor altura de remanente la eficiencia fotosintética disminuye.

¿Como se explica que el crecimiento de la pastura aumenta con mayor remanente? El crecimiento está explicado por la eficiencia fotosintética (expresada como tasa de asimilación neta) multiplicado por el índice de área foliar. Cuando la pastura es más intensamente defoliados, si bien presenta altas eficiencias fotosintéticas, el índice de área foliar promedio es más bajo y no es compensado por la mayor eficiencia.

La respuesta en producción animal a las intensidades de pastoreo, representada por la masa de forraje presente se observa en la figura 11.

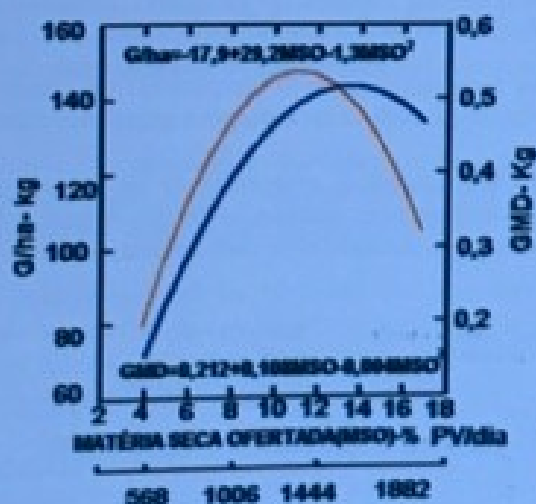


Figura 11. Relación entre materia seca ofertada en porcentaje del peso vivo (MSO %PV) y materia seca remanente (MS kg/ha) en un campo natural pastoreado en forma continua y la ganancia media diaria (GMD) (línea azul) y ganancia por ha G/ha (línea roja). Maraschin et al., 1997.

A medida que se reduce la intensidad de pastoreo e incrementa la masa de forraje remanente, aumenta la producción animal por hectárea hasta un máximo que se ubica en valores de oferta de forraje entre 10% PV y 12% PV o, aproximadamente, entre 1100 a 1400 kg/ha de MS de forraje remanente. A ofertas bajas la ganancia individual es baja dado que la cantidad de alimento por animal es limitante para un adecuado desempeño, limitando la producción por superficie. A ofertas por encima del 11 % los incrementos en la ganancia animal se dan a menor ritmo llegando a disminuir con OF superiores al 14 %, dado que los gastos de cosecha por el proceso de búsqueda para mantener una dieta de calidad se incrementan. Esta reducción en el desempeño individual sumado a la menor carga animal determina la reducción de la producción por superficie.

Se destaca en estos resultados que el ajuste de la carga permitió duplicar la producción animal ajustando la defoliación a los ritmos de crecimiento de la pastura natural promoviendo una mayor producción de forraje.

Otros efectos a considerar son el recubrimiento del suelo, el desarrollo radicular y la captura de carbono que son valores agregados a la producción obtenida.

Un factor a tener en cuenta es que la producción de forraje tiene una distribución estacional variable a través del año, por lo tanto, hay momentos de alta y baja producción que requieren ajustes de carga para conciliar el aprovechamiento del forraje producido y la conservación del campo. Así, propuestas de manejos que proponen incrementar la utilización de la pastura mediante uso de intensidades mayores en primavera, pueden ser adecuadas en campos donde faltan (o es muy baja) la participación de especies invernales y lo que se busca es evitar el endurecimiento de los campos. No obstante, esta práctica puede ser desaconsejada si no se toman en consideración los tiempos de descanso necesarios o periodos con reducción en la caga animal de los potreros, para permitir la semillazón de los pastos invernales.

Trabajos brasileros (Aguinaga et al., 2004) muestran producciones de más de 200 kg/ha de peso vivo en campo natural, combinando ofertas de 8% PV en primavera y 12% el resto del año. El aumento en la intensidad de pastoreo primaveral en esos campos donde no hay una contribución significativa de gramíneas invernales, promueve mantener especies de rápido endurecimiento como *Andropogon lateralis* en estado vegetativo, modificando las características estructurales y bromatológicas de la pastura.

El manejo del pastoreo permite modificar la composición del campo en forma controlada cuando son conocidas las respuestas de las especies o grupos funcionales.

La figura 12 muestra cómo cambia la proporción de los diferentes grupos funcionales gramíneas invernales finas, gramíneas estivales postradas, *Paspalum dilatatum* y gramíneas estivales erectas, a medida que aumenta el periodo de descanso de la pastura.

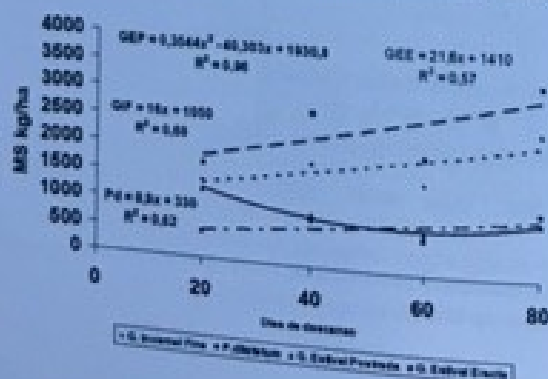


Figura 12. Contribución en kg/ha de MS de gramíneas invernales finas (GFI), gramíneas estivales postradas (GEP), *Paspalum dilatatum* (Pdl) y gramíneas estivales erectas (GEE) (Boggiano et al 2005).

Con baja fr especies ce aunque tam y duros, y notatum (es microstachy con este tip

Se debe te estolonifero establecem a especies t especies ord similar al se termine end hay que hac las especies manteper la

Otra herra diferentes m

Cuadro 1. Re natural some de descanso

Los resultad durante la e 28 días de d

Estos result localidad, q de 26 días c foliar cuand

De lo anter cosecha de

Con baja frecuencia de pastoreo (mayores períodos de descanso), se logra aumentar las especies cespitosas de interés, como *Paspalum dilatatum* y las especies invernales finas, aunque también aumentan las cespitosas de menor interés como son los pastos ordinarios y duros, y decrecen por competencia por luz las especies postradas como *Paspalum notatum* (especie tierna) que disminuye frente al avance de especies como *Schizochyrium microstachyum* y/o *Sporobolus indicus* que son cespitosas y duras y que también se favorecen con este tipo de manejo.

Se debe tener en cuenta que la respuesta del tipo vegetativo (rizomatoso, cespitoso, estolonífero, etc.) se da independientemente del tipo productivo, por lo tanto, cuando establecemos manejos del pastoreo para promover un tipo vegetativo, así como para favorecer a especies tierno-finas (*Paspalum dilatatum*, *Coelorhachis selleana*) también se favorece a especies ordinarias o duras (*Andropogon lateralis*, *Stipa charruana*) que responden de forma similar al ser del mismo tipo vegetativo. Entonces, para que esto no suceda y el campo se termine endureciendo y perdiendo productividad, hay que pensar en qué momento del año hay que hacer recargas estratégicas para, en base a las diferencias en vida media foliar de las especies, ajustar las frecuencias de pastoreo para promover las especies de interés y mantener la calidad del campo.

Otra herramienta con la que se puede contar para modificar la producción del campo son los diferentes métodos de manejo del pastoreo (ver cuadro 1).

Método de pastoreo	Kg/animal/día	Kg/ha
Continuo	0,272	164
28 DD	0,298	214
42 DD	0,229	171

Cuadro 1. Respuesta en ganancia por animal (kg/animal/día) y ganancia por ha (kg/ha) de un campo natural sometido a métodos de pastoreo continuo, rotativos de 28 días de descanso (28 DD) y 42 días de descanso (42 DD), a una oferta de forraje de 8%PV (García de Souza et al., 1989).

Los resultados muestran que en esa pastura, dominada por *Paspalum notatum*, y evaluada durante la estación de crecimiento, la producción mayor se obtuvo en el sistema rotativo de 28 días de descanso que superó la producción de 200 kg/ha de PV.

Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Boggiano (2000) en la misma localidad, que aplicando la ecuación de cálculo para vida media foliar (VMF) obtuvo un valor de 26 días de VMF, que son los días que requiere *Paspalum notatum* para reponer el área foliar cuando se maneja sin el agregado de nitrógeno y con OF=8%PV.

De lo anterior surge que el tratamiento que optimizó la producción fue el que permitía la cosecha de forraje luego de reponer el IAF y antes de acumular material senescente.

Relación entre intensidad de pastoreo y fertilización nitrogenada en la producción de forraje

Simultáneamente con el ajuste del manejo del pastoreo se puede promover la producción de forraje del campo natural con fertilización nitrogenada y fosfatada de manera de promover el desarrollo de especies de interés.

A continuación se presentan resultados de producción de un campo natural sometido a niveles de oferta de forraje y fertilización nitrogenada.

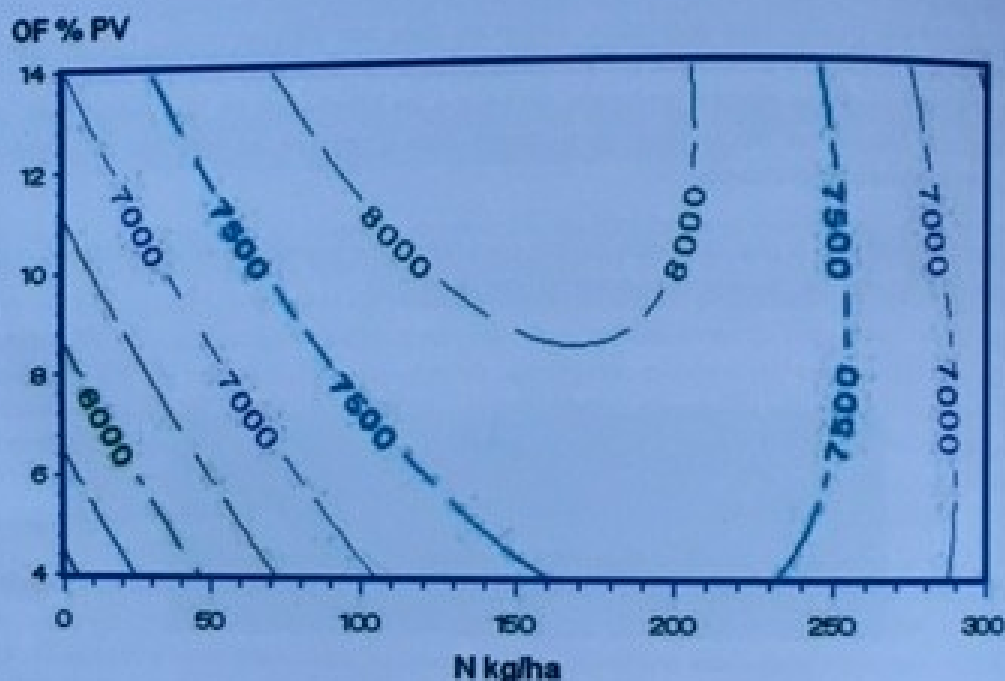


Figura 13. Superficie de respuesta de la producción anual de un campo natural sometido a niveles de ofertas de forraje (OF) y fertilización nitrogenada (N kg/ha). $y = 2953 + 32 N + 415 OF - 0,07 N^2 - 0,83 OF^2 - 5,70 OFN$; $R^2 = 0,88$; $P = 0,007$; Boggiano et al. 2005.

La producción normal de estos campos naturales está en torno a 4000 kg/ha de MS y dependiendo del nivel de degradación, pueden variar entre 3500 a 4300 kg/ha de MS. Solamente con el manejo de la intensidad del pastoreo se puede casi duplicar la producción llegando a valores de 7000 kg/ha de MS y con la fertilización nitrogenada, a dosis de 50kg/ha de N, se obtienen esos valores pero a ofertas menores, es decir, se pueden manejar cargas mayores.

Por otro lado, la respuesta en producción invernal (ver figura 14) muestra una alta capacidad de respuesta aún a bajos niveles de fertilización nitrogenada, lográndose producciones invernales superiores a los 1500 kg/ha de MS.

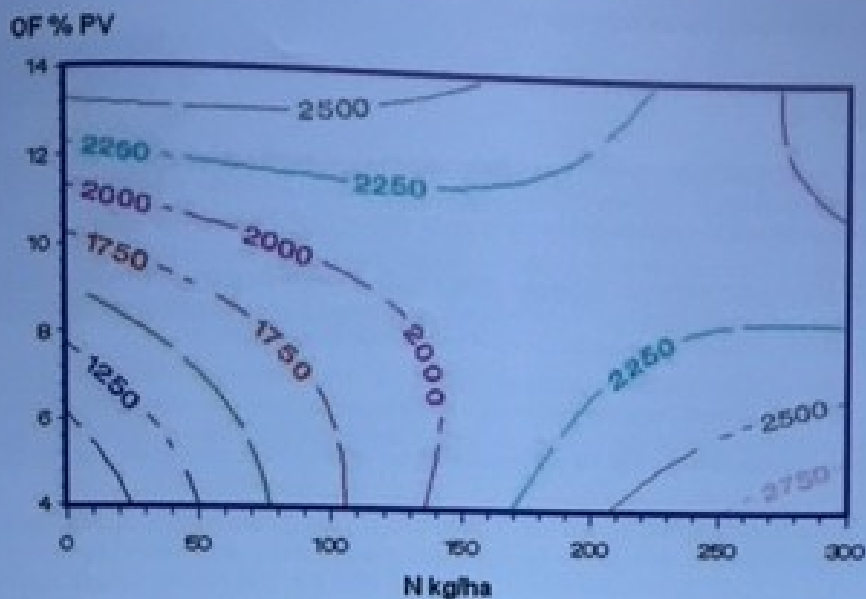


Figura 14. Superficie de respuesta de la producción invernal de un campo natural sometido a niveles de ofertas de forraje (OF) y fertilización nitrogenada (N kg/ha). $y = 492 + 15 N + 12 OF - 0,01 N^2 - 1,0 OF \cdot N - 9,3 OF^2$; $R^2 = 0,88$; $P = 0,006$; (Boggiano et al. 2005)

También se aprecia que, en producción invernal, manejando la intensidad de pastoreo se logran significativos aumentos en producción de forraje sin tener que usar la fertilización nitrogenada.

Esos cambios en la producción se deben a cambios en la población de especies invernales, como *Bromus quieticus* y *Stipo setigero*, lo que lleva a aumentos en la producción invernal pudiendo lograrse valores en torno a los 700 o 800 kg y pueden llegar a valores cercanos a los 1500 kilos solamente ajustando las ofertas del forraje.

La relación producción otoño - invernal/estival, en kg/ha de MS, se modifica a medida que la oferta de forraje aumenta, es decir, que la intensidad de pastoreo disminuye. Aumentó la producción de las especies invernales, incrementándose la relación invernales/estivales por encima de 1, que ya es superior al valor que comúnmente posee un campo natural manejado en forma corriente. A su vez, si se incorpora nitrógeno para promover las especies de invierno, con fertilización otoño/invernal en torno a 50 kg/ha de nitrógeno y a un 8 % OF, se llega a triplicar dicha relación. Es decir, la capacidad de respuesta que tiene la vegetación de estos campos naturales, tanto con ajustes de la intensidad de pastoreo como con la mejora de los niveles tróficos, son aspectos a considerar cuando se piensa en aumentar la producción de forraje en alguna área del establecimiento como forma de dinamizar el sistema de producción.

Conclusiones

Las pasturas son la base para la producción de los sistemas pastoriles, ya que la fotosíntesis es la única forma de capturar la energía radiante y transformarla en alimento para el ganado. La intensidad de pastoreo condiciona la cantidad de área foliar de la pastura, por lo tanto la captura de radiación y la producción de forraje. A través de esta se determina la capacidad de

carga del campo y la producción animal.

El aumento de la producción animal pasa por maximizar la producción de forraje y optimizar su cosecha.

El uso de fertilizaciones nitrogenadas y fosforadas para aumentar la producción de forraje, requiere del ajuste de la intensidad de pastoreo para adecuar los ritmos de defoliación a los nuevos ritmos de crecimiento de la pastura y optimizar su cosecha.

Existe información nacional y regional a partir de la cual se puede programar la producción a campo natural de forma de cumplir con la maximización de la producción de forraje optimizando la cosecha y conservando el recurso forrajero campo natural.

Agradecimientos: A la Ing. Agr. (MSc) Silvana Noëll por la lectura y corrección del manuscrito.