

# Establecimiento y Manejo de Sistemas Intensivos de Pastoreo Racional



Serie técnica  
Boletín técnico no.96

# Establecimiento y Manejo de **Sistemas Intensivos** de **Pastoreo Racional**

**Danilo A. Pezo PhD,**  
Consultor, Grupo Ganadería y  
Manejo del Medio Ambiente,  
CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)  
Turrialba, Costa Rica, 2018

Este manual ha sido posible gracias al apoyo del pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Los puntos de vista/opiniones de este documento son responsabilidad de los autores contratados por el CATIE. Sin embargo, no reflejan necesariamente el punto de vista de esta institución, ni de USAID o el Gobierno de los Estados Unidos.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2018

**ISBN 978-9977-57-692-3**

633.2

P521e Pezo, Danilo A.

Establecimiento y manejo de sistemas intensivos de pastoreo racional / Danilo A. Pezo. –  
1ª ed. – Turrialba, C.R : CATIE, 2018.  
56 p. : il. – (Serie técnica. Boletín técnico / CATIE ; no.96)

ISBN 978-9977-57-692-3

1. Sistemas de pastoreo – Costa Rica 2. Producción ganadera – Pastoreo controlado –  
Costa Rica I. Orozco Vílchez, Lorena, ed. II. CATIE III. Título IV. Serie.

## **Créditos**

**Edición:** Lorena Orozco

**Diseño:** Rocío Jiménez Salas

### **Revisores:**

Alejandro Molina – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Victoria Arronis – Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en  
Tecnología Agropecuaria de Costa Rica

### **Fotografías:**

Danilo Pezo, Jorge Cruz, Andrés Vega, Victoria Arronis, Douglas Rodríguez

---

# Contenido

Prefacio .....	5
1. Introducción .....	7
2. Diferentes opciones de sistemas de manejo del pastoreo .....	9
3. Propósitos de un buen sistema de pastoreo racional .....	15
4. Las bases para el manejo racional del pastoreo .....	17
5. De la teoría a la práctica: principios básicos del pastoreo racional intensivo .....	28
6. ¿Qué se requiere para implementar un sistema de pastoreo rotacional intensivo? .....	32
7. Algunas experiencias en la implementación de sistemas intensivos de pastoreo racional en Costa Rica (éxitos, problemas, costos asociados) .....	48
Literatura citada .....	55
Anexo .....	57

## Prefacio

En Costa Rica la actividad ganadera genera una serie de beneficios socioeconómicos para el país; según Acosta y Valdez (2012) la actividad aporta alrededor del 10% del PIB nacional. Además, contribuye con más de 200,000 empleos directos e indirectos a lo largo de la cadena de producción. Sin embargo, este sector es el responsable del 28,6% de las emisiones totales del país, cuyas principales fuentes son el metano entérico (62%) y el óxido nitroso (36%) (Chacón et ál. 2014).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Ambiente y Energía y socios estratégicos han establecido la Estrategia Nacional para la Ganadería Baja en Carbono vinculada con la política de Costa Rica Carbono Neutral 2021. La cual contempla un plan de acción para responder a las metas del sector ganadero a nivel productivo, socioeconómico y ambiental; asimismo, a los compromisos asumidos por el país en las convenciones internacionales de cambio climático (UNCCC), biodiversidad (CB), degradación de tierras (UNCCD) y a los objetivos de desarrollo sostenible. El país ha definido el NAMA<sup>1</sup> Ganadería como el mecanismo para la implementación del plan de acción de la Estrategia para la Ganadería Baja en Carbono.

Con base al avance mostrado por el país, la cooperación internacional ha mostrado interés en tomar al país como laboratorio para seguir consolidando la estrategia país en el desarrollo de una ganadería competitiva y con bajas emisiones y su posterior escalamiento en países con condiciones agroecológicas similares, principalmente aquellos de la región centroamericana y el Caribe. En ese sentido, la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos (siglas en Ingles USAID) por medio del departamento de Agricultura (USDA) aprobaron los fondos para el Proyecto Ganadería con bajas en emisiones en Costa Rica. Esto se logró bajo el programa EC LEDES<sup>2</sup> que ya había implementado la fase I en el periodo 2012-2015, en el cual se generó información sobre metodologías, métricas y recopilación de medidas para el desarrollo del sector ganadero de leche con bajas emisiones.

---

<sup>1</sup> Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas.

<sup>2</sup> Estrategia de Mejoramiento de Capacidades para el Desarrollo con Bajas Emisiones

El Proyecto Ganadería con bajas en emisiones en Costa Rica (EC LEDES II), tuvo como propósito capitalizar los logros de la primera fase del programa EC-LEDES y apoyar los esfuerzos costarricenses para la promoción de políticas de desarrollo y de disminución emisiones de gases de efecto invernadero en el sector ganadero. Los objetivos de esta segunda fase fueron: fortalecer el sistema de gobernanza para favorecer la implementación de las acciones del NAMA; mejorar la capacidad de las instituciones nacionales para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero del sector ganadero, de acuerdo con las políticas nacionales y obligaciones internacionales; fomentar y facilitar la inversión e implementación de acciones para el desarrollo de un sector ganadero eficiente (extensión y mecanismo financiero).

Como parte del tercer objetivo, fue contemplada la preparación de materiales de extensión para técnicos del sector público y privado como herramientas de apoyo en el proceso de capacitación y asistencia técnica para el desarrollo de una ganadería competitiva con bajas emisiones que fortalezca los medios de vida y la seguridad alimentaria de las familias involucradas a lo largo de la cadena de producción. Además, que contribuya con productos y servicios de alta calidad para los consumidores de los mercados nacionales e internacionales.

**En el marco del proyecto fue elaborada una serie de manuales para técnicos en los temas siguientes:**

- Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigación al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica.
- Los pastos mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al cambio climático.
- Establecimiento y manejo de sistemas intensivos de pastoreo racional.
- Uso eficiente de fertilizantes en pasturas
- Tecnologías relevantes para la gestión integral del estiércol en fincas ganaderas de Costa Rica.



Muhammad Ibrahim, PhD  
Director General

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza



# 1. Introducción

Más del 50% de las áreas de pastoreo en el trópico presentan algún grado de degradación. Esto ha llevado a aceptar en muchos casos, que la degradación de pasturas es un fenómeno natural que no se puede controlar y que por tanto, las mismas tienen una vida útil de cinco a siete años, por lo que al cabo de ese período deben renovarse o rehabilitarse con el consiguiente costo económico que esto representa para los productores. Sin embargo, hay suficiente evidencia científica que sustenta que la degradación es en buena medida el resultado de malas decisiones de los productores, que pueden empezar con la selección inapropiada de la especie o variedad que se siembra, la introducción muy temprana de los animales a potreros de reciente establecimiento, cuando la pastura todavía no ha tenido oportunidad de desarrollar un buen sistema radicular y, con frecuencia, por el sobrepastoreo estacional o a lo largo del año.

Hay que recordar que a medida que la pastura se degrada, pierde su potencial productivo y, como la carga no se reduce sino que con frecuencia tiende a aumentar con el tiempo, el efecto del sobrepastoreo se hace más crítico, lo que conlleva a que la especie sembrada tienda a disminuir, sea reemplazada por especies invasoras -malezas- y eventualmente por suelo desnudo. Todo esto redundará en pérdidas económicas para el productor, como lo evidencian los datos colectados para pasturas de *Brachiaria brizantha* con diferentes niveles de degradación (Cuadro 1).

Pero la degradación de pasturas no sólo tiene impactos en lo productivo, sino también de tipo ecológico, pues se reduce la capacidad para capturar y acumular carbono, aumenta la emisión de  $\text{CH}_4$  por kilo de producto animal, hay pérdida de biodiversidad y se incrementa el potencial de compactación y de erosión de los suelos. Adicionalmente, hay impactos de tipo social y económico, pues la menor productividad se traduce en una pérdida de la capacidad adquisitiva de la familia productora y de su habilidad para manejar el riesgo.

**Cuadro 1.** Impacto de la degradación de pasturas sobre la carga animal, la producción de leche por vaca y por hectárea y el ingreso por hectárea

Nivel de degradación	Carga animal (UA/ha)	Producción de leche (l/vaca/año)	Reducción en producción de leche por vaca (%)	Reducción ingreso US\$/ha/año <sup>1</sup>
Ninguna	2,0	1582 ± 78	--	--
Leve	1,7	1474 ± 27	7 ± 3	184,30
Moderada	1,3	1395 ± 90	12 ± 8	378,14
Severa	1,0	1245 ± 118	21 ± 8	537,32
Muy severa	0,5	1060 ± 300	34 ± 19	737,52

<sup>1</sup> Precio de leche pagado al productor US\$ 0,28/kg. Adaptado de Betancourt et al. (2007)





## 2. Diferentes opciones de sistemas de manejo del pastoreo

El manejo del pastoreo es un reto para poner en práctica el conocimiento teórico sobre los requerimientos nutricionales de los animales, el comportamiento animal y la ecofisiología de plantas forrajeras. No hay una sola opción de manejo del pastoreo, pues ello va a depender del contexto en el que se trabaja, cómo son los sistemas de producción, las condiciones agroecológicas prevalentes, el tipo de vegetación que se maneja bajo pastoreo/ramoneo, el nivel de intensidad que es factible de aplicar, así como los objetivos, intereses y limitaciones que enfrentan los productores.

Se han propuesto diferentes opciones de manejo del pastoreo, los cuales van desde el pastoreo continuo, hasta diferentes formas de pastoreo rotacional, algunas de las cuales se discutirán en párrafos siguientes.

**2.1 Pastoreo continuo.** El pastoreo continuo es un sistema en el que los animales permanecen todo el tiempo en el mismo potrero (Figura 1). Esto no significa necesariamente que no haya divisiones en los potreros de la finca, pues el productor puede tener diferentes potreros para diferentes grupos de animales, pero cada uno de ellos está siendo utilizado todo el año por el mismo grupo de animales. En este sistema, los animales expresan al máximo su capacidad de selección si es que los mismos se manejan con carga baja, pero si se excede la carga óptima, los animales siempre buscarán las plantas más tiernas y succulentas, defoliando muy frecuentemente los nuevos rebrotes de las especies deseables, sin permitirles recuperar sus reservas. En general, esto va a llevar a un uso muy heterogéneo del pasto disponible en el potrero, con áreas o plantas altamente palatables fuertemente defoliadas, mientras que las no palatables tienden a acumular mucho material senescente y eventualmente a dominar la pastura al ser muy poco o del todo no defoliadas. Quizás la mayor ventaja del sistema es la inversión baja o nula en cercas, saladeros, equipo de suplementación y de provisión de agua; pero esto tiene su costo en términos de la menor eficiencia en el uso del forraje y mayor proclividad a la degradación de pasturas.



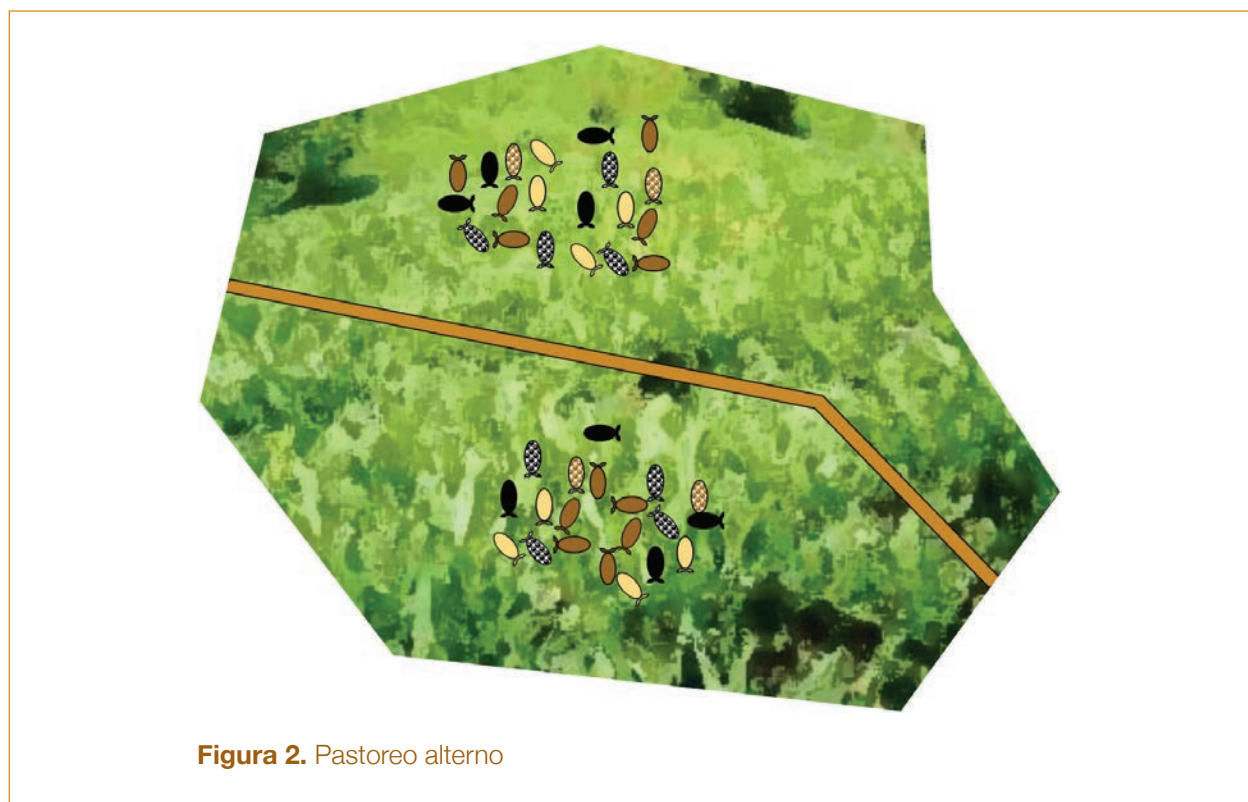
**Figura 1.** Pastoreo continuo

Bajo condiciones de pasturas cultivadas, especialmente en el trópico, no es bien aceptado el proponer sistemas de pastoreo continuo, pero varios investigadores que trabajan en pastizales nativos<sup>1</sup>, especialmente en los Estados Unidos y Suráfrica, indican que es mucho más importante la carga animal que se aplique a una pastura que el sistema de pastoreo y, en tal caso, dudan de la posible ventaja del pastoreo rotacional sobre el continuo con ese tipo de vegetación (Briske et al. 2008).

**2.2 Pastoreo alterno.** Esta es la expresión más simple del sistema de pastoreo rotacional, pues los animales pastorean en sólo dos potreros; así, mientras uno está ocupado por los animales, el otro se encuentra descansando y viceversa (Figura 2). Este sistema permite dejar tiempo para que las plantas se recuperen y acumulen reservas orgánicas que les servirán para posteriores rebrotes y facilita el uso de fertilizantes y de herbicidas. La alternancia en el uso de los potreros puede darse dentro de una misma estación de crecimiento, o se puede tener potreros para ser usados en épocas de lluvia y seca. Este sistema requiere de menor inversión en cercas, bebederos, saladeros y otros que el pastoreo continuo.

**2.3 Pastoreo diferido.** Es un sistema de pastoreo rotacional en el que uno o más potreros se dejan de usar en un ciclo de pastoreo para propósitos específicos, como pueden ser el favorecer la producción de semillas o evitar que nuevas plántulas sean cosechadas o pisoteadas por los animales o reservar ciertos potreros que durante las épocas de crecimiento rápido se usarán para la producción de heno o ensilaje, pues la disponibilidad de forraje en los otros es suficiente para cubrir las demandas de forraje de los animales.

<sup>1</sup> Conocidos como "rangelands" en la literatura en inglés

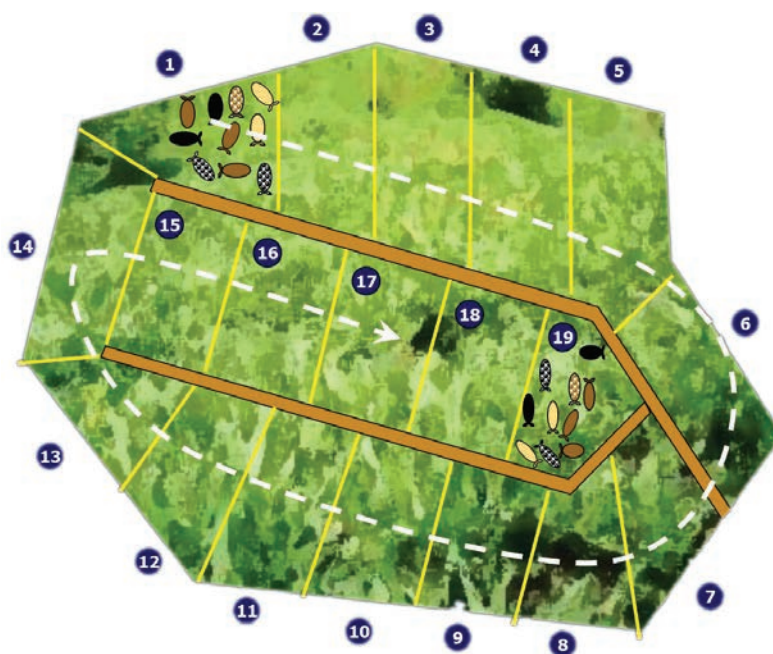


**2.4 Pastoreo diferido Merrill.** El método Merrill de pastoreo fue desarrollado en el sureste de Texas para pastizales naturales, como una alternativa al pastoreo continuo que se usaba comúnmente. Este método supone tener cuatro potreros y tres grupos de pastoreo, de manera que se usan tres potreros al mismo tiempo y el cuarto está en descanso con el propósito de que cada cuatro ciclos un potrero en particular tenga la oportunidad de descansar una vez, para permitir que las plantas tengan la oportunidad de producir semilla y recuperarse, y así evitar la pérdida de especies de alto valor. Obviamente, para que el mismo funcione, hay que tener mucho cuidado con el manejo de la carga pues cargas excesivas van a resultar en la pérdida definitiva de muchas de las especies deseables. En aquellas zonas donde se presenta un período de sequía marcado, entonces cada cuatro años una de las pasturas debe descansar completamente en ese período. En este método también se puede ordenar el ingreso de los diferentes grupos de animales, de manera que aquellos con mayores requerimientos tengan mayor oportunidad de selección.

**2.5 Pastoreo holístico Savory.** Este método también conocido como pastoreo de corta duración o manejo holístico de los recursos; fue desarrollado por Allan Savory en Zimbabwe -llamado Rodesia antes de su independencia-, e introducido en los Estados Unidos en los 80's para el manejo de pastizales nativos ("rangelands"). En años recientes este método se ha difundido en varias partes de América del Sur. Algunas de las características que definen el sistema según Savory y Parsons (1980), son: i. Versatilidad en términos del número de potreros, número y tipo de animales y cargas; ii. Uso de altas densidades de carga animal para que los animales pisoteen, defequen y orinen en un área concentrada a medida que se mueven en el potrero; iii. Períodos muy cortos de ocupación durante el crecimiento, que pueden

ser más largos en los períodos de crecimiento lento; iv. Intervalos entre pastoreo relativamente cortos; v. La carga se incrementa con el tiempo hasta lo que se considera que es una carga segura que no deteriore el pastizal; vi. De preferencia los potreros tienen una distribución radial con respecto a un punto centro donde va el bebedero, saladeros, etc.; vii. El método de pastoreo siempre va acompañado de un “sistema holístico de planeamiento de la explotación”, lo que significa que debe haber concordancia entre el manejo de las pasturas bajo pastoreo con los otros componentes de la explotación, para asegurar no sólo una mejor productividad, sino también mejora de los ciclos ecosistémicos asociados al manejo del pastizal.

**2.6 Pastoreo rotacional intensivo.** Es un sistema de pastoreo en el cual se cuenta con varias divisiones de potreros de manera que los animales permanecen pastoreando cada potrero -lo que se conoce como período de ocupación- por un período relativamente corto, mientras las otras pasturas donde no hay animales pastoreando tienen oportunidad de recuperarse después del pastoreo -lo que se denomina como período de descanso- (Figura 3). El largo de los ciclos de pastoreo (ocupación + descanso), es función de las especies de forraje presentes, las condiciones agroecológicas prevalentes, la carga animal aplicada, otros factores de manejo, así como los objetivos de producción que fija el productor. La inversión inicial en las diferentes variantes del sistema de pastoreo rotacional intensivo es mayor debido al costo de la infraestructura requerida (p.e. cercas, bebederos, saladeros, etc.), pero cuando es bien manejado se compensa con la mayor carga sostenida, la utilización más uniforme del forraje y la mayor productividad animal<sup>2</sup>.



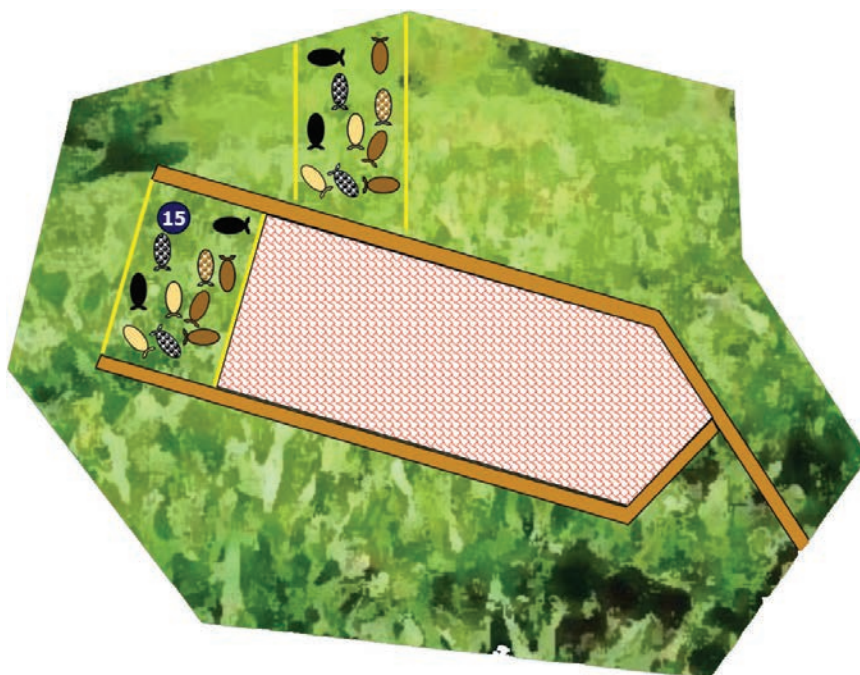
**Figura 3.** Pastoreo rotacional

<sup>2</sup> Productividad es definida como la producción por unidad de área (p.e. kg de leche/ha)

**2.6.1 Pastoreo Voisin.** No es fácil definir qué es el pastoreo Voisin, pues muchos técnicos y productores lo han estado promoviendo y no siempre lo que se predica responde fielmente a lo que propuso Voisin (1962). Quizás una buena definición de este método es un sistema de pastoreo directo (“consumo a diente”), rotacional, usando altas cargas instantáneas, con la suficiente flexibilidad para respetar las cuatro leyes o principios fundamentales propuestos por Voisin (siempre remarcando la flexibilidad). En secciones posteriores se discutirán en detalle los principios que rigen el pastoreo rotacional intensivo.

**2.6.2 Pastoreo en franjas.** Es una variante del pastoreo rotacional intensivo en el cual por medio del movimiento de una cerca eléctrica cada medio día o un día, se les permite a los animales tener acceso a una nueva franja de forraje (Figura 4). Esta variación permite un uso muy intensivo del pasto, con una utilización y consumo más uniforme y completo y un control adecuado de malezas y plantas invasoras (Gutiérrez 1996).

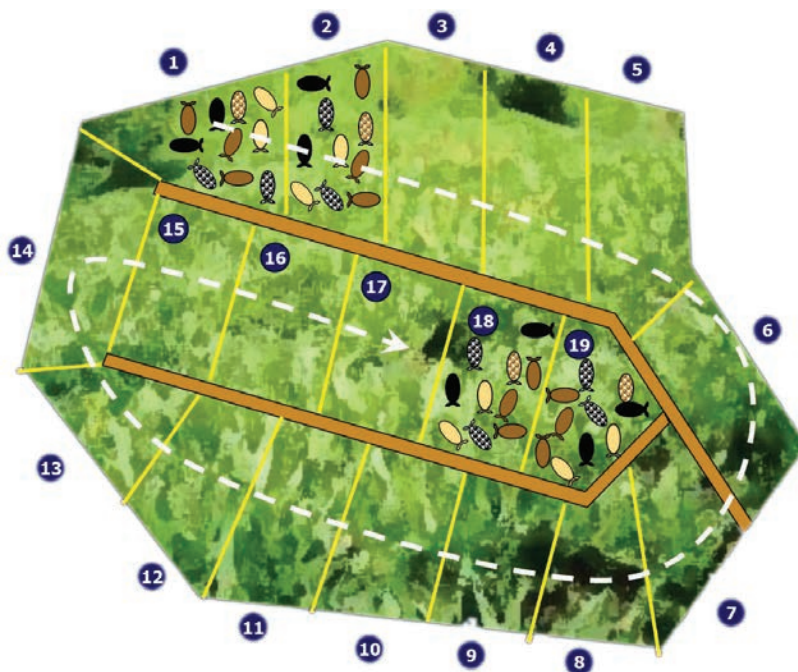
**2.6.3 Pastoreo en línea (de líderes y seguidoras).** Es otra variante del sistema de pastoreo rotacional en el cual participan al menos dos grupos de animales clasificados en función de su demanda de nutrientes, de manera que aquellos con mayores requerimientos ingresan primero (líderes) y tienen la mayor oportunidad de seleccionar, y por tanto, pueden cosechar las porciones más nutritivas del forraje. A la salida de este grupo, ingresa otro (seguidoras), con menores requerimientos, el cual va a consumir el forraje remanente luego del paso de las líderes (Figura 5). Un criterio que se debe considerar en su diseño es que el largo del período de descanso debe ser un múltiplo de la sumatoria



**Figura 4.** Pastoreo en franjas

del tiempo de ocupación por los diferentes grupos (líderes + seguidoras). En la práctica, en sistemas de producción de leche, el primer grupo está constituido por las vacas en lactancia temprana y más altas productoras, luego ingresan las vacas en estadios más avanzados de lactancia y las de menor potencial productivo. Otra opción es que el segundo grupo esté conformado por los animales de reemplazo. En sistemas de producción de carne, primero ingresan los animales en engorde y acabado y luego los animales en fase de crecimiento o las vacas en fase de reproducción.

Cuando se aplica este método de pastoreo hay que tener precaución en su manejo y en la definición de qué es lo remanente para el segundo grupo, y si eso será suficiente para proveer los nutrientes requeridos por los animales que conforman el grupo de seguidoras.



**Figura 5.** Pastoreo rotacional en línea



### 3. Propósitos de un buen sistema de pastoreo racional

El manejo del pastoreo supone un conjunto de decisiones del productor para hacer un uso eficiente del sistema suelo-planta-animal, orientadas a controlar el crecimiento de las pasturas y el acceso de los animales a las mismas, con el fin de conseguir varios objetivos al mismo tiempo, como son:

**a. Alta producción de biomasa forrajera.** El manejo del pastoreo debe ser tal que permita maximizar la **productividad primaria** por unidad de área y tiempo, lo cual se logra a través de un manejo que favorezca un rebrote rápido post-pastoreo y que los pastos expresen su potencial productivo. Obviamente, esto no es sólo producto del manejo del pastoreo per se, sino de otros factores que inciden en favorecer el crecimiento, como son buen acceso a factores de crecimiento tales como luz, agua y nutrientes.

**b. Calidad nutritiva adecuada.** El manejo de las pasturas debe ser tal que permita que los animales expresen un alto nivel de consumo y que los forrajes consumidos tengan un alto valor nutritivo, lo cual redundará en una alta producción por animal. En muchos casos habrá necesidad de proveer suplementos porque los forrajes consumidos muestran algunas deficiencias con relación a los requerimientos de los animales, y en algunas épocas del año incluso será necesaria la complementación con forrajes conservados u otros alimentos, pero lo importante es que el forraje cosechado en el pastoreo sea la principal fuente de nutrientes para los animales.

**c. Persistencia.** La sobrevivencia de las especies sometidas a la defoliación es un elemento fundamental para la sostenibilidad de los sistemas de pasturas. Hay que recordar que la mayor parte de las pasturas con las que se trabaja son comunidades vegetales perennes, que pueden estar conformadas por individuos que tienen una vida limitada, pero que a través de mecanismos tales como la generación de nuevos brotes vegetativos o la producción de semillas aseguran que plantas individuales que perecen sean reemplazadas por nuevos individuos. Este proceso es continuo, a menos que el mal manejo resulte en la interrupción del proceso de regeneración de la comunidad vegetal.

**d. Buena actividad biológica.** Las prácticas de manejo de pasturas que favorezcan la presencia y el desarrollo de una alta población de organismos benéficos, como son los escarabajos, lombrices de tierra, microorganismos del suelo, etc., contribuirán a mantener la fertilidad del suelo, facilitando el reciclaje y el uso eficiente de nutrimentos por las pasturas.

**e. Adaptación al cambio climático.** El incremento en la temperatura media, el acortamiento de los períodos de lluvia y la mayor frecuencia de eventos climatológicos extremos han sido identificados como las manifestaciones del cambio climático. La selección de especies o cultivares tolerantes a esas restricciones, acompañadas de un buen manejo de estas, van a favorecer la **resiliencia** -en otras palabras, reducir la vulnerabilidad- de las pasturas al cambio climático, al lograr que estas persistan y mantengan una adecuada cobertura del suelo y un buen desarrollo radicular, lo cual posibilitará el mantenimiento de un buen balance hídrico en el agroecosistema pastura.

**f. Mitigación del cambio climático.** Con mucha frecuencia se menciona a los rumiantes como elementos importantes en la emisión de gases de efecto invernadero, especialmente el metano ( $\text{CH}_4$ ), generado por la fermentación entérica; pero el buen manejo de pasturas ayudará a que los animales consuman forrajes de mejor calidad nutritiva y que, por ende, haya una menor emisión de  $\text{CH}_4$ . Además, aquellos sistemas de pastoreo que resulten en un buen desarrollo radicular y altos contenidos de materia orgánica en el suelo favorecerán una mayor captura y almacenamiento de carbono en el agroecosistema pastura.

**g. Altos niveles de producto animal por unidad de área.** Finalmente, el buen manejo de las pasturas que favorezca una alta disponibilidad de forrajes de calidad en los potreros bajo pastoreo debe resultar en altos niveles de producto animal por unidad de área y tiempo (i.e. kg de leche o de ganancia de peso por hectárea por año), lo que se conoce como **productividad secundaria**. Sin embargo, lo más importante es que estos altos niveles de productividad se mantengan en el largo plazo (**sostenibilidad**).





## 4. Las bases para el manejo racional del pastoreo

El manejo racional del pastoreo supone el conocimiento de los principios que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas forrajeras, del comportamiento de los animales, cómo la defoliación afecta la capacidad de rebrote de las pasturas y los nutrientes que pueden obtener los animales en el acto de pastorear, así como los impactos que ejercen los animales sobre los recursos suelo y agua y el efecto que tienen las condiciones de clima sobre las múltiples interacciones entre los componentes del agroecosistema pastura.

La cantidad de forraje presente en una pastura en un momento determinado es el producto de un conjunto de procesos fisiológicos. Unos contribuyen a la formación de biomasa y otros retardan la formación e incluso impiden la acumulación de biomasa, como es el caso de la fotorrespiración y la senescencia de hojas.

**4.1 Fotosíntesis y crecimiento de forrajes manejados bajo pastoreo.** La formación de la biomasa forrajera puede darse a través de la fotosíntesis o de procesos no-fotosintéticos. La producción de biomasa por procesos fotosintéticos bajo pastoreo ocurre cuando las pasturas tienen hojas verdes -sean estas nuevas formadas a partir de las reservas orgánicas o remanentes luego de la defoliación-, capaces de transformar la energía lumínica en química, para fijar el  $\text{CO}_2$  del aire captado a través de los estomas y el agua absorbida del suelo y formar con base en ellos los carbohidratos simples, y que estos a su vez, sirvan para la producción de moléculas orgánicas más complejas (i.e., carbohidratos estructurales, aminoácidos, proteínas, lípidos, vitaminas). La eficiencia del proceso de fotosíntesis en pasturas es función de diferentes factores, entre ellos: i. Buena disponibilidad de agua; ii. Plantas con alta eficiencia fotosintética; iii. Alta concentración de  $\text{CO}_2$  en el aire; iv. Área foliar; v. Luminosidad; vi. Temperatura; vii. Fertilidad del suelo y; viii. Disponibilidad de reservas orgánicas en la planta. Aquí no se discutirán en detalle todos los factores que afectan la eficiencia fotosintética de las pasturas; sin embargo, vale la pena destacar en esta sección algunos de ellos por las implicaciones que tienen en el diseño de los sistemas de pastoreo.

En primera instancia, el potencial de producción de biomasa forrajera está determinado por características genéticas; pero, para que estas se manifiesten es necesario que se den las condiciones edáficas, climáticas y de manejo que requiere la especie o variedad. En el Cuadro 2 se presentan datos del potencial de

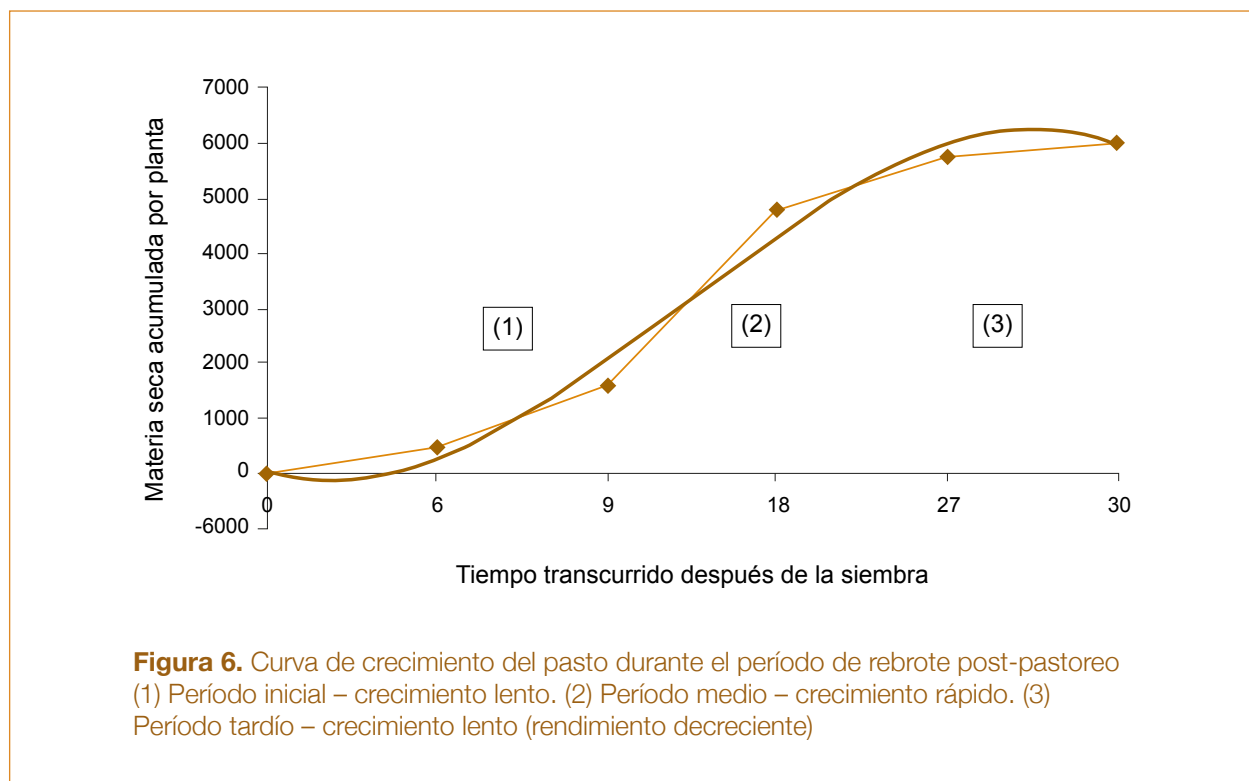
producción máxima de biomasa forrajera en diferentes especies que crecen en los trópicos bajos y de altura; se evidencia que en términos generales las gramíneas tropicales que crecen en zonas bajas ( $C_4$ ), son más productivas que las gramíneas de zonas templadas que crecen en las zonas altas del trópico y que las leguminosas en general. Estas dos últimas se conocen como plantas  $C_3$  debido al tipo de proceso fotosintético que se presenta en ellas.

Otro punto que se debe considerar en relación con el crecimiento de las pasturas bajo pastoreo es cómo cambia el área foliar con el tiempo y cómo afecta esto el crecimiento de los pastos. En el crecimiento del pasto luego de una siembra o de una defoliación, los pastos, al igual que cualquier otro cultivo, presentan al inicio un desarrollo lento del área foliar y un aumento paulatino de la producción de biomasa; pero a medida que pasa el tiempo hay un aumento acelerado del área foliar y la biomasa, para luego disminuir la tasa de incremento de ambos parámetros hasta llegar a un nivel máximo (Figura 6). Esto se conoce como la respuesta sigmoidea de la curva de crecimiento (Sorio 2006). En qué momento se alcanza ese nivel máximo y cuál es la magnitud de ese valor va a depender de varios de los factores mencionados previamente, tales como la especie o variedad, la temperatura ambiente, el nivel de fertilidad, la disponibilidad de humedad en el suelo, la ausencia de plagas y enfermedades, entre otros factores. El punto es que al inicio, las primeras hojas no son muchas ni tienen la capacidad fotosintética que se presenta más tarde en la fase de crecimiento rápido, pero luego hay acumulación de hojas viejas, menos eficientes fotosintéticamente y algunas de ellas senescentes. Sin embargo, a medida que las pasturas crecen, las hojas superiores producen sombra a las inferiores reduciendo la oportunidad de estas últimas para acceder a la luz y a longitudes de onda requeridos para una alta eficiencia fotosintética, y por ende se reduce su capacidad para contribuir a la producción de biomasa.

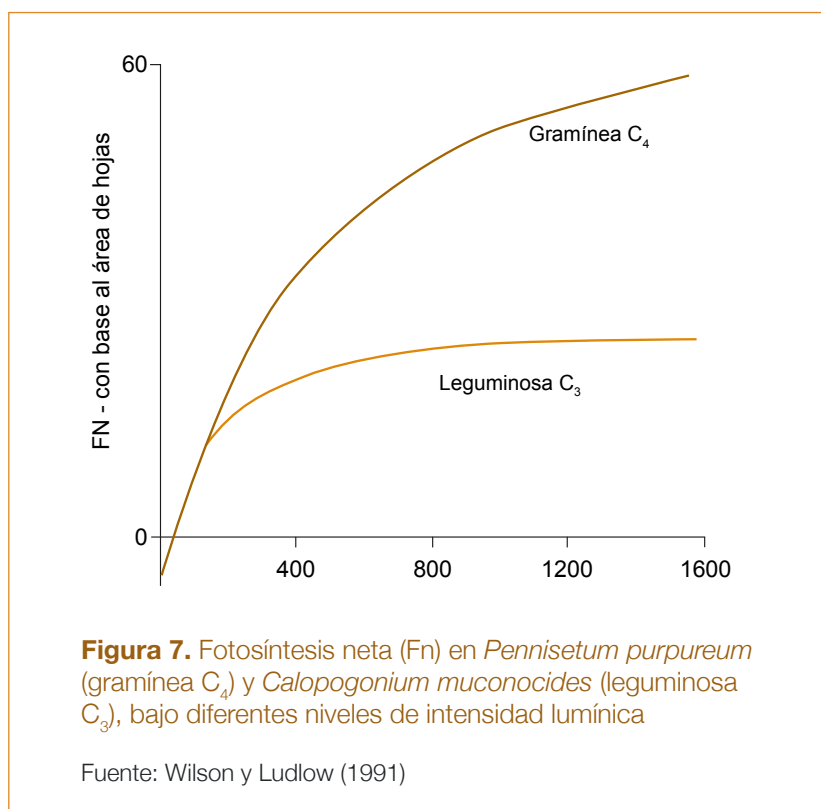
**Cuadro 2.** Tasas de productividad máxima de materia seca alcanzadas por especies forrajeras bajo condiciones óptimas de crecimiento

Especies $C_4$	Producción TM/ha/año	Especies $C_3$	Producción TM/ha/año
<b>Gramíneas</b>		<b>Gramíneas</b>	
Elefante ( <i>Pennisetum purpureum</i> )	60-95	Rye grass ( <i>Lolium</i> spp.)	18-20
Caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> )	38-90	Pasto ovido ( <i>Dactylis glomerata</i> )	15-18
Guinea ( <i>Panicum maximum</i> )	50-62	Avena forrajera ( <i>Avena sativa</i> )	12-18
Estrella ( <i>Cynodon</i> spp.)	40-60		
Maíz ( <i>Zea mays</i> )	50-60	<b>Otras</b>	
Pará ( <i>Brachiaria mutica</i> )	40-50	Girasol ( <i>Helianthus annuus</i> )	50-90
Jaragua ( <i>Hyparrhenia rufa</i> )	25-30	Soya de grano ( <i>Glycine max</i> )	17-22
Pangola ( <i>Digitaria decumbens</i> )	18-20		

Fuente: Gutiérrez (1996)



Cuando se analiza el efecto de la luz solar sobre el crecimiento, hay que considerar tres parámetros de la luminosidad que afectan el proceso fotosintético: intensidad lumínica, duración y calidad de luz. La intensidad tiene un efecto directo sobre la fotosíntesis pues esta se incrementa a medida que sube la intensidad de luz hasta 60 Klux en el caso de las gramíneas tropicales y hasta 20-30 Klux en las gramíneas de clima frío. A manera de referencia, en un día totalmente soleado, sin nubosidad y cerca del mediodía cuando la radiación es más intensa, se alcanza la intensidad de 60 Klux. Una tendencia similar ha sido observada cuando se comparó la fotosíntesis neta entre gramíneas ( $C_4$ ) y leguminosas ( $C_3$ ) tropicales (Figura 7). El largo del día, conocido como fotoperiodo, tiene dos efectos sobre la producción de forrajes. Por un lado, en días más largos las plantas forrajeras producirán más pues hay una mayor exposición a la radiación lumínica, pero por otro, el fotoperiodo puede provocar que las plantas pasen de una fase de crecimiento vegetativo al reproductivo. En este sentido las plantas se clasifican en las de día corto, las de día largo y las insensibles al largo del día. Las primeras son aquellas que emiten tallos florales cuando tiende a acortarse el largo del día (entre agosto y septiembre en Costa Rica), las segundas muestran ese comportamiento cuando los días tienden a hacerse más largos (primeros meses del año) y las indiferentes son aquellas que florecen en cualquier época del año. Algunos ejemplos de forrajeras que pertenecen a esos grupos de respuesta al fotoperiodo se presentan en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Respuesta al fotoperiodo de algunas gramíneas forrajeras

De días cortos	De días largos	Indiferentes
<i>Hypparrhenia rufa</i>	<i>Bromus inermis</i>	<i>Zea mays</i>
<i>Melinis minutiflora</i>	<i>Avena sativa</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
<i>Andropogon gayanus</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
<i>Pennisetum clandestinum</i>	<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Sorghum vulgare</i> (variedades mejoradas)
<i>Dichanthium aristatum</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Pennisetum purpureum</i>
<i>Chloris gayana</i>	<i>Pleum pratense</i>	<i>Digitaria decumbens</i>
<i>Brachiaria mutica</i>	<i>Paspalum notatum</i>	<i>Brachiaria decumbens</i>
<i>Brachiaria humidicola</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Brachiaria brizantha</i>
<i>Panicum maximum</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Chloris gayana</i>
<i>Coyx lachrima-jobi</i>	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Paspalum dilatatum</i>
<i>Sorghum vulgare</i> (criollo)	<i>Hordeum vulgare</i>	<i>Setaria sphacelata</i>

Adaptado de Loch (1980); Heidi (1994) y Gutiérrez (1996)

**4.2 Las reservas orgánicas y el crecimiento de los pastos bajo pastoreo.** El crecimiento basado en el uso de las reservas orgánicas corresponde a un proceso no-fotosintético. La producción de biomasa a partir de las reservas ocurre cuando aún no se presentan hojas fotosintéticamente activas; esto puede ser la emergencia y el crecimiento a partir de reservas orgánicas presentes en las semillas, sean estas sembradas o que se producen en pasturas bajo pastoreo donde como parte del manejo se permite que ciertas plantas produzcan semillas y que éstas germinen. Esto puede ocurrir después del período seco cuando no quedan hojas verdes, o en sistemas de pastoreo diferido en los que adrede se promueve que las pasturas tengan la oportunidad de producir semillas y que germinen. También es el caso de pasturas manejadas bajo pastoreo donde frecuentemente se están produciendo semillas viables, como es el caso de maní forrajero (*Arachis pinto*); cuando se tienen especies herbáceas poco o no palatables para el ganado (p.e. *Desmodium ovalifolium*); o especies arbóreas que producen frutos que son consumidos por el ganado (p.e. el caso de guayaba (*Psidium guajava*)). En esos casos las semillas pasan por el tracto digestivo y retornan con las heces, en muchos casos escarificadas, y por tanto germinan fácilmente al entrar en contacto con el suelo húmedo.

Cuando las plantas ya están establecidas y poseen hojas fotosintéticamente activas, parte del fotosintato es usado para la formación de células que llevarán al desarrollo de nuevas hojas, la elongación de tallos, el crecimiento de las raíces y la producción de órganos reproductivos (flores, frutos, semillas, nuevos macollos); para las necesidades fisiológicas como son la respiración y otros procesos metabólicos; lo que sobra es acumulado como **reservas orgánicas** en órganos más permanentes como son las bases de los tallos, estolones, coronas y rizomas, y en menor grado en las raíces (Carneiro et al. 2015).

Inmediatamente después de una defoliación, las reservas orgánicas son movilizadas a los puntos de crecimiento (meristemas), para la formación de nuevos tejidos; son utilizadas hasta que las nuevas hojas son capaces de producir suficiente fotosintato para sostener el crecimiento. La importancia de las sustancias de reserva durante el rebrote es mayor en la medida que el pastoreo es más intenso, es decir, cuando queda poco o ningún área foliar residual después del pastoreo; es en ese período cuando debe ocurrir una declinación en la concentración de las sustancias de reserva. El problema de la disminución marcada de las sustancias de reserva se hace más crítico cuando se utilizan pastoreos muy intensos y frecuentes, en épocas de crecimiento muy activo (p.e. el inicio del período de lluvias, épocas del año con mayor temperatura ambiente y buena disponibilidad de humedad); o luego de que las plantas ingresaron a su fase reproductiva. También se manifiesta en especies altamente palatables que son defoliadas cuando recién se están recuperando de un pastoreo intenso, como puede ser en sistemas de pastoreo continuo o en sistemas de pastoreo rotacional en los cuales el largo del período de ocupación es tal que permite otra defoliación antes de que el potrero entre en una fase de descanso. De hecho, esta es una de las razones por las que cuando las pasturas son sometidas a un mal manejo, las especies deseables tienden a desaparecer luego de varios ciclos de pastoreo, y son reemplazadas por malezas o por especies menos palatables.

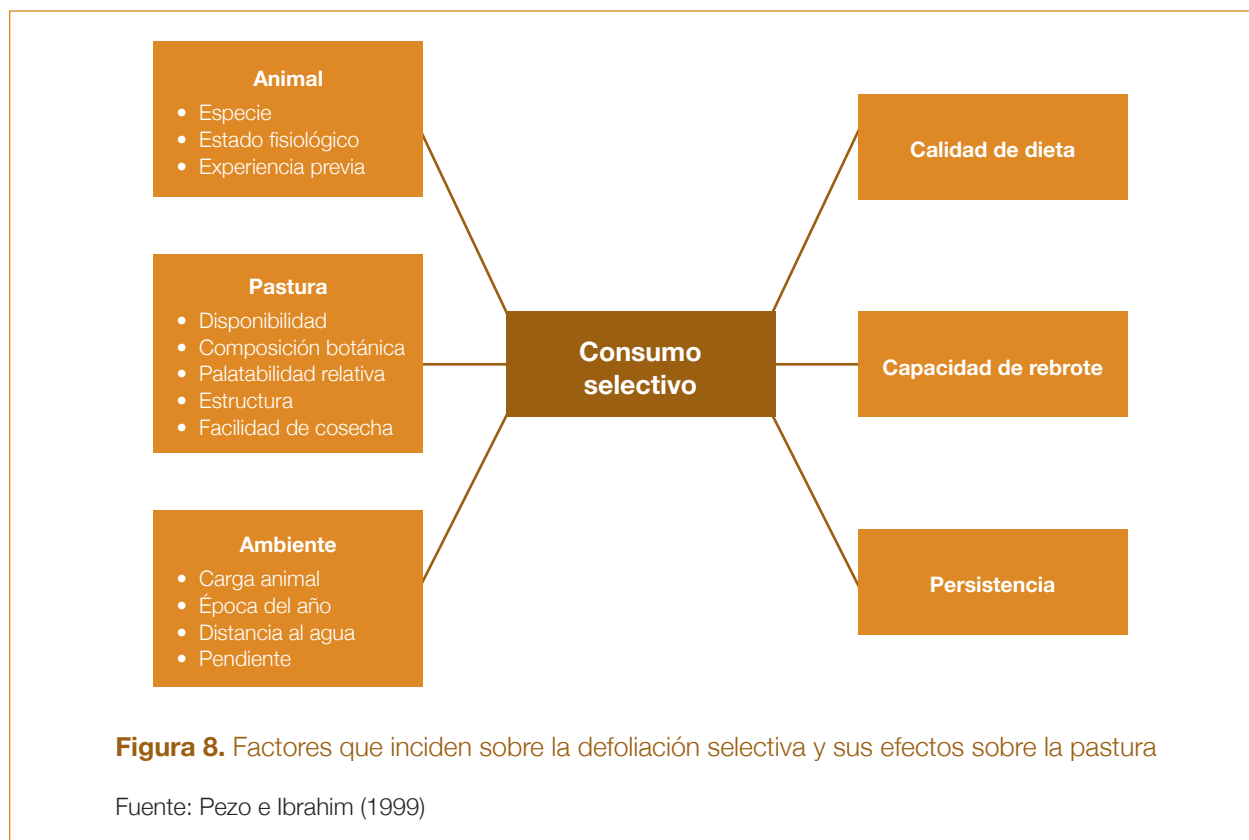
Con frecuencia se hace la analogía de que las reservas orgánicas en los pastos son como los fondos que se tienen en una cuenta de ahorros, con la cual no hay problemas mientras el ahorrante reponga en alguna medida los fondos que retira en casos de necesidad, pero la cuenta se pierde si los retiros superan los depósitos.

**4.3 Macollamiento y crecimiento en pasturas manejadas bajo pastoreo.** El pastoreo -y también el corte-, resultan en la eliminación de la yema apical de los tallos elongados, por lo que la perpetuación de la pastura es producto del macollamiento, el cual no es otra cosa que la formación de nuevos vástagos a partir de yemas -o meristemas- axilares que no han sido afectados por la defoliación. Dependiendo de las especies, el crecimiento de los macollos puede ser vertical hacia arriba, como es el caso de las especies de porte erecto (p.e. tanzania, mombasa, elefante), o postrado hacia los lados, formando los estolones característicos de las especies de crecimiento decumbente (p.e. bermuda, estrella, pangola), o en las especies que forman rizomas (p.e. elefante, bermuda). Estas macollas van a dar origen a nuevas hojas fotosintéticamente activas y a raíces, de manera que la pastura pueda persistir. Una defoliación bien controlada va a promover el macollamiento y la persistencia de la pastura; en cambio, un pastoreo abusivo va a resultar en la declinación paulatina de la formación de macollas, pues éstas requieren en primera instancia del uso de sustancias de reserva y de la actividad fotosintética de hojas residuales. Entonces, si el pastoreo es muy intenso y frecuente, la posibilidad de la formación y crecimiento de las macollas se verá afectada y eventualmente la especie forrajera desaparecerá y será reemplazada por especies invasoras (malezas) y, en casos extremos por suelo desnudo. Todas estas son claras manifestaciones de la degradación de pasturas.

**4.4 Foto-respiración y senescencia en pasturas manejadas bajo pastoreo.** La fotorespiración es un proceso que ocurre en las plantas en presencia de luz, en el cual se consume  $\text{CO}_2$  y se libera oxígeno; por lo tanto, es contrario a la fotosíntesis. A mayor temperatura, la tasa de fotorespiración es mayor, llegando a igualar en ocasiones la tasa de la fotosíntesis, por lo que el crecimiento neto se hace negativo. Por otro lado, la senescencia es el proceso de envejecimiento de hojas, el cual se manifiesta como acumulación de hojas secas, las cuales ya no son capaces de hacer fotosíntesis como producto de la sobremaduración, el sombreado de las hojas basales o por la escasez de humedad en el suelo.

**4.5 Rol del animal en los sistemas de pastoreo.** Los animales en pastoreo obtienen buena parte de los nutrientes requeridos al consumir los follajes que defolian; pero, al pastorear, los animales afectan directa e indirectamente a las pasturas. Directamente a través de la defoliación selectiva, el pisoteo y la dispersión de semillas consumidas; e indirectamente a través del suelo, por el retorno de nutrientes en las excretas y por la compactación que pueden ejercer los animales (Pezo e Ibrahim 1999).

**4.5.1 Selectividad.** Los animales que pastorean manifiestan cierta preferencia por ciertos componentes de la pastura y ciertos órganos de las plantas. Esto tiene implicaciones sobre la calidad de la dieta consumida, pero también sobre la capacidad de rebrote y la sobrevivencia de las especies componentes de la pastura. El comportamiento selectivo de animales en pastoreo es influenciado por características propias del animal (p.e., hábito de consumo de la especie y experiencia previa de los animales manejados bajo pastoreo), de la pastura per se (p.e., nivel de asignación, composición botánica y palatabilidad relativa de los componentes y características estructurales de la pastura que facilitan o dificultan el acceso para ser defoliadas), y de las condiciones ambientales (p.e., distancia a las fuentes de agua, pendiente, época del año)(Figura 8).



En cuanto a las diferencias entre especies animales, se sabe que los bovinos defolian preferentemente la vegetación herbácea de porte alto, los ovinos y equinos las especies de hábito cespitoso y los caprinos son eminentemente ramoneadores. Por tanto, habrá mayor ventaja si se utilizan animales con hábitos de consumo complementario, en lo que se denominan sistemas de pastoreo mixto, si es que en la pastura se presentan especies con diferente hábito de crecimiento.

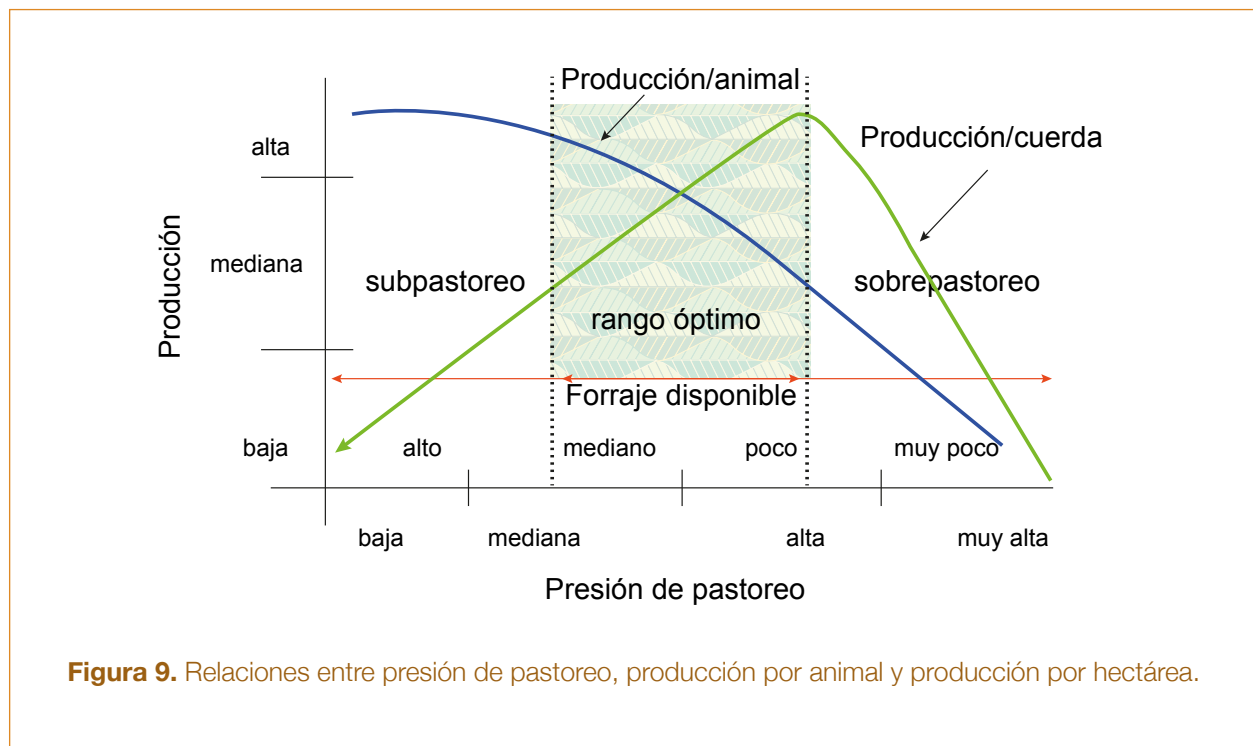
**4.5.2 Intensidad y frecuencia de la defoliación.** La intensidad de la defoliación se refiere a cuánto del forraje disponible es consumido por los animales en pastoreo en un período dado. Por tanto, es función del nivel de asignación de forraje por animal, el cual con frecuencia en métodos prácticos se traduce como kg de forraje verde o de materia seca ofrecidos por animal (p.e. 25 kg FV/vaca) o por unidad de peso animal (p.e. 5 kg MS/100 kg PV), o como área del potrero asignada por animal o por unidad de peso en un período determinado (p.e. 50 m<sup>2</sup> por vaca por día). Claro está que el uso de estas expresiones de intensidad supone que se conozca la disponibilidad de forraje al momento que van a entrar los animales<sup>3</sup> y el consumo potencial de forraje de estos<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> En el Anexo 1 se describe el método de doble muestreo para la estimación de disponibilidad de forraje.

<sup>4</sup> Con frecuencia se usan valores tales como 10% del peso de los animales para consumo en fresco y de 2,5–3,0% del peso para el consumo de materia seca en el caso de los bovinos y 4-5% en caprinos.

Otros parámetros que a menudo se usan en la práctica como proxy de la intensidad de uso son la carga animal, la cual se expresa como número de animales de una categoría determinada o un tipo estándar por unidad de área (p.e. vacas/ha o UA/ha<sup>5</sup>, respectivamente), y la presión de pastoreo, que sigue la misma tendencia de la carga y se expresa como peso animal por unidad de forraje disponible (p.e. kg de peso vivo por 100 kg de MS del forraje). Claro está que desde el punto de vista del manejo práctico es mucho más entendible el concepto de carga animal que la presión de pastoreo, aunque desde el punto de vista de la investigación tiene más sentido la presión de pastoreo al relacionar biomasa animal presente por alguna expresión de disponibilidad de forraje.

Hace más de 50 años, el Dr. Gerald O. Mott estableció las relaciones teóricas entre carga animal, producción y productividad animal, con base en resultados de investigaciones sobre manejo de pasturas realizadas bajo su liderazgo en los Estados Unidos (Petersen et al. 1965). Luego investigadores australianos (Jones y Sandland 1974), reanalizaron los planteamientos de Mott para expresarlos como cargas relativas a la carga óptima. Los conceptos básicos resultantes de esos trabajos son: los animales pueden expresar la máxima producción por animal cuando se aplica una carga animal baja (subpastoreo), pero a medida que se incrementa la carga, esta producción tiende a declinar, mientras que la producción por hectárea se incrementa; sin embargo, este incremento en producción por hectárea llega a un máximo (rango de carga óptima), a partir del cual empieza a declinar, pues el aumento en la carga animal no compensa la disminución en la producción por animal y eso representaría una situación de sobrepastoreo (Figura 9).



<sup>5</sup> UA = Unidad animal, que muy comúnmente en Costa Rica se refiere a un bovino de 400 kg de peso vivo.



Se han presentado muchas críticas sobre la validez de estos conceptos en el manejo práctico de pasturas (Sorio 2006), pues el óptimo de carga o de presión de pastoreo para una pastura dada no es estático, sino que varía con la época del año y con los años, pero al menos es una guía para la planificación de fincas, pues conociendo el tipo de pasturas que se dispone y el manejo que se le va a dar, se puede estimar el número de animales que se podrá sostener en esas pasturas, o la meta a la que se podría llegar, reconociendo que los valores finales pueden ajustarse con el tiempo.

El largo del período de descanso es un *proxy* para la frecuencia de defoliación de una pastura, aunque esto no es cierto necesariamente para los individuos que conforman la pastura, pues si la permanencia de los animales en un potrero es por un período relativamente prolongado es posible que en un mismo período de ocupación una planta individual sea defoliada más de una vez, o que una planta individual no sea defoliada en 2 ó 3 ciclos de ocupación porque se encontraba contaminada con heces u orina. El largo del período de descanso en un sistema de pastoreo rotacional es una herramienta para lograr que las plantas se recuperen y sean capaces de depositar sustancias de reserva para el rebrote luego de una defoliación intensa.

La frecuencia e intensidad de defoliación son elementos fundamentales en la definición de los sistemas de pastoreo rotacional y, en muchos casos, han sido manejados rígidamente usando el número de días; sin embargo, hay nuevas corrientes que sugieren que estos deben tener flexibilidad para responder a las variaciones debidas a especies, los factores climáticos estacionales, las condiciones agroecológicas prevalentes y los factores de manejo -p.e. riego, fertilización- que inciden sobre la productividad primaria, entre otros. En ese sentido se han propuesto algunos criterios prácticos observables o medibles como guía para definir el ingreso y la salida de animales. A manera de ejemplo, en el Cuadro 4 se presentan el criterio de altura de plantas para el ingreso de los animales a pastorear y la altura del residuo para retirar los animales de un potrero. En otros casos se ha sugerido que el ingreso de animales estará definido por un número de hojas expandidas en los pastos presentes en el potrero.

**4.5.3 Pisoteo.** El pisoteo por herbívoros que poseen pezuñas con bordes filosos (p.e. bovinos, ovinos, caprinos) tienen mayor probabilidad de producir cortes y laceraciones en hojas y tallos, especialmente en los vástagos más tiernos. Además, en terrenos húmedos es más probable que el pisoteo del animal produzca enterramiento de partes de las hojas y tallos y, si hay lodo se ensucian las hojas y entonces no son capaces de captar la energía lumínica para la fotosíntesis.

El potencial de afectación por pisoteo es mayor cuando ocurre en estadios tempranos de crecimiento, pues muchos vástagos pueden ser dañados por el impacto de las pezuñas, en algunos casos hasta exponiendo las raicillas al desecamiento. Además, las especies de crecimiento erecto son más sensibles al daño físico por pisoteo que las de crecimiento rastrero con presencia de estolones. Incluso en estas últimas, el pisoteo puede favorecer la propagación poniendo los entrenudos en contacto con el suelo húmedo, lo cual promueve la emisión de raicillas.

En cuanto a la compactación, hay que considerar que la presión estática ejercida sobre el suelo por los bovinos es mayor que la de los ovinos (1,2-1,6 y 0,8-0,95 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente), y se magnifica cuando los animales están en movimiento, especialmente si los animales corren (Humphreys 1991). En el mediano a largo plazo la presión por pisoteo tenderá a reducir el espacio aéreo del suelo, lo

**Cuadro 4.** Alturas de ingreso y salida de animales a un potrero recomendadas como indicadores de la presión de pastoreo óptima en un sistema rotacional para varias gramíneas tropicales

Gramíneas	Altura de plantas (cm)	
	Entrada	Salida
<i>Andropogon gayanus</i>	80-120	30-40
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. marandú	80-100	25-30
<i>B. decumbens</i> , <i>B. ruziziensis</i>	30-40	15-20
<i>B. dictyoneura</i> , <i>B. humidicola</i>	30-40	10-15
<i>Cynodon dactylon</i> , <i>C. nlemfuensis</i>	25-30	10-15
<i>Panicum máximum</i> cv. mombasa	120-140	30-40
<i>P. máximum</i> cv. tanzania	80-120	30-40
<i>Paspalum atratum</i> cv. pojuca	40-60	15-20
<i>Setaria sphacelata</i>	80-100	25-30
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. camerún	130-150	20-30

cual resultará en una disminución en la tasa de infiltración y de retención de humedad en el suelo, incrementará la resistencia a la penetración de las raíces y disminuirá la disponibilidad de  $O_2$  para las raíces. No debe olvidarse que una buena cobertura del suelo y sistemas radiculares profusos amortiguan la presión ejercida por el pisoteo, por lo que la compactación es mayor en potreros con pasturas degradadas, donde hay menor cobertura y disponibilidad de pasto; así mismo, el problema es mayor cuando se aplican cargas altas, sobretodo si los suelos arcillosos; en cambio es menor en suelos que presentan niveles altos de arena. También la compactación tiende a ser mayor en potreros con especies de crecimiento erecto que con estoloníferas; y se hace más evidente en aquellas áreas donde tienden a concentrarse los animales (p.e., bajo la copa de árboles cuando estos son muy pocos en el potrero, donde se encuentran las fuentes de agua y donde se colocan saladeros). Para evitar esos problemas es preferible disponer de bebederos, saladeros y comederos en los corredores entre potreros, y si estos van dentro de los potreros mejor si son móviles.

**4.5.4 Deposición de excretas.** En los potreros manejados bajo pastoreo, las excretas depositadas por los animales pueden ejercer los siguientes efectos: i. Contaminación del forraje disponible; ii. Reciclaje de nutrimentos; iii. Dispersión de semillas y; iv. Sirve como medio nutritivo para el desarrollo de ciertos patógenos y para la infestación de animales que los consumen (Pezo e Ibrahim 1999).

El forraje contaminado por las excretas tiende a ser rechazado por los animales en pastoreo por un período variable, el cual depende de la precipitación, el tipo de excretas (es más duradero el

efecto de las heces que de la orina) y la presión de pastoreo aplicada. La cantidad de nutrientes minerales retornados en las excretas es alto, pues se estima que representa el 87-95 y el 72-87% de lo consumido en el caso de animales en crecimiento y vacas lactantes respectivamente (Humphreys 1991) El reciclaje de nutrimentos es importante pues la mayor parte del nitrógeno, potasio y azufre es reciclado a través de la orina en formas fácilmente disponibles para la planta -especialmente en el caso del nitrógeno-, pero también son altas las pérdidas de este elemento por volatilización. En contraste, las heces son la vía preferente de excreción para el resto de nutrientes, pero estos se hacen disponibles una vez que se ha mineralizado la materia orgánica de heces.

El papel de las excretas animales como vehículo para la dispersión de semillas puede ser benéfico o no, dependiendo si las semillas dispersadas corresponden a especies deseables o invasoras (Pezo et al. 1992). La efectividad de este mecanismo para la dispersión y la viabilidad potencial de las semillas es función de: i. La especie animal que las ingiere (i.e., mayor recuperación de semillas en las excretas de bovinos que de ovinos y caprinos); ii. El tamaño y dureza de las semillas (i.e., semillas más pequeñas y con tegumento más duro escapan más fácilmente intactas); iii. La calidad de la dieta (i.e., cuando mayor es la calidad del forraje cosechado, menor es el tiempo de retención en el tracto y la actividad de rumia, por tanto, se encontrará una mayor proporción de semillas intactas en las heces) y; iv. El tiempo que permanecen las semillas en las excretas.

El rol de las heces de animales manejados bajo pastoreo en la dispersión de huevos de parásitos gastro-intestinales y la eventual infestación de animales que consumen los forrajes es bien conocida; sin embargo, esta puede ser controlada en alguna medida si se conoce bien el ciclo de vida de los parásitos, lo cual puede determinar algunos cambios en el manejo de las pasturas como es el alargar el período de descanso para romper los ciclos. También, es sabido que las larvas de los parásitos regularmente se elevan no más de 2-3 cm sobre el nivel de suelo, por lo que el evitar una alta intensidad de pastoreo que llevaría a niveles muy bajos de residuo puede ayudar a reducir el potencial de infestación; cuando el residuo post-pastoreo es de 5-10 cm hay mayor posibilidad de que el sol llegue a los estratos inferiores y, de esa manera, ayude a desecar las larvas y por tanto a evitar la infestación con parásitos (Wells 1999).

## 5. De la teoría a la práctica: principios básicos del pastoreo racional intensivo

El reto de los técnicos y los productores para manejar adecuadamente las pasturas es como traducir los principios de morfología y fisiología de plantas, de nutrición y manejo animal en prácticas de manejo del ecosistema pastura que permitan lograr una alta producción de biomasa forrajera de buena calidad nutritiva, asegure una adecuada actividad biológica de los organismos responsables del reciclaje de nutrimentos, que persista cuando es utilizada bajo pastoreo pese a las restricciones abióticas y bióticas asociadas al cambio climático, ayude a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y que resulte en altos niveles de productividad por muchos años.

En este contexto Voisin (1962), propuso cuatro principios básicos que se han dado en llamar “Las Leyes Universales del Pastoreo” (Sorio 2006). En los últimos años ha habido una fuerte tendencia en muchos países -incluyendo Costa Rica-, para promoverlas bajo el denominado Sistema de Pastoreo Racional Intensivo Voisin, o simplemente como sistema de pastoreo Voisin. En este manual nos referimos a ellos como principios y los mismos se describen en las secciones siguientes.

**a. Establecer un período de descanso adecuado.** Los pastos, al igual que cualquier organismo vivo, presentan un crecimiento de tipo sigmoideo, tanto después de la siembra como luego de la defoliación por corte o pastoreo. Tal como se muestra en la Figura 6, inmediatamente después de la defoliación hay un crecimiento relativamente lento, pues cuando la defoliación es intensa quedan muy pocas o ninguna hoja fotosintéticamente activa, entonces el fotosintato es dirigido hacia las yemas para la producción de nuevas hojas, macollas y raíces; es sólo cuando hay suficientes hojas que la fotosíntesis permite un crecimiento acelerado del pasto hasta llegar a lo que se llama el “punto de madurez fisiológica” (PMF), a partir del cual se desacelera el crecimiento ya sea porque el sombreado de hojas inferiores hace que estas no puedan ser tan eficientes en la actividad fotosintética, o porque la planta pasa de la fase de crecimiento vegetativo a la fase reproductiva que resulta primero en la floración y eventualmente la fructificación y producción de semillas, lo que se ha dado en llamar “punto de madurez de cosecha” (PMC). Voisin y sus seguidores sugieren que en el período previo a alcanzar el PMF ocurre la máxima tasa de crecimiento, por lo que han dado en denominarlo “la llamada del crecimiento”.

Ahora bien, la calidad nutritiva del pasto declina a medida que las pasturas crecen en el período de rebrote; sin embargo, esto hay que aceptarlo por lo que se debe buscar una solución de compromiso entre calidad nutritiva y crecimiento, cuidando en todo momento no comprometer la persistencia de la pastura, lo cual se consigue permitiendo que los pastos tengan un período de descanso suficiente para reponer las reservas orgánicas usadas en el rebrote. Por otro lado, en el caso de especies cuya reproducción depende de semilla botánica, cada cierto tiempo su uso debe posponerse hasta después del PMC con miras a que se produzcan y caigan semillas maduras, las cuales al germinar van a ayudar a asegurar la sobrevivencia de la especie y la persistencia de componentes valiosos de la pastura. Esto es justamente la base del sistema de pastoreo diferido.

Cabe recordar que, bajo una misma condición de sitio, la tasa de rebrote de las pasturas depende del potencial genético de las especies, de la presencia y magnitud de los factores de crecimiento -luz, agua, temperatura y nutrientes-, así como de decisiones de manejo que tome el productor. Los tres primeros son mayormente función de las variaciones estacionales en las condiciones climáticas presentes en el sitio, mientras que la disponibilidad de nutrientes y el manejo son producto de decisiones que toma el productor. Todo esto sugiere que no existe una única recomendación sobre el largo del período de descanso incluso para una misma especie o tipo de pastura, pues la velocidad de rebrote variará como resultado de los factores antes mencionados. Como regla general, las condiciones del trópico bajo los periodos de descanso tienden a ser más cortos (p.e. 18 a 25 días) que en la altura (p.e. 30 a 35 días), por el efecto de la temperatura sobre la velocidad de rebrote.

Se han propuesto diferentes criterios para el ingreso de los animales a pastorear (Villalobos 2007); entre ellos: i. Número de días de rebrote; ii. Índice de área foliar; iii. Altura de plantas; iv. Disponibilidad de biomasa; y v. Crecimiento y madurez fisiológica de las hojas.

El usar intervalos fijos para ingresar los animales al potrero (p.e. pastoreo cada 21 días en praderas de pasto estrella todo el año o a lo largo del período de lluvias), no parece ser la mejor opción, aunque puede ser fácil para organizar el manejo de los animales. Por el contrario, debe haber flexibilidad en la toma de decisiones respecto al momento de ingreso de animales a un potrero, pues la velocidad de rebrote cambia con las condiciones de sitio, la época del año, la intensidad de defoliación, etc. Por ello es fundamental la observación directa de los potreros y de ciertos eventos o características que presentan los pastos.

El índice de área foliar (IAF), es un indicador de la relación del área de hojas de las plantas con el área de terreno. En el caso del ryegrass, se ha recomendado usar los potreros cuando el IAF está entre 2,0 - 3,0 y para muchas otras especies de pasto se sugiere un índice entre 3,0-4,0. Pero este no constituye un criterio práctico, primero porque no es fácil de medir en condiciones prácticas y porque tampoco hay suficiente información determinando los valores óptimos para las diferentes especies de uso común. Algo similar ocurre en el caso de la disponibilidad, pues su determinación supondría tomar varias muestras o usar equipos electrónicos que aún no se han calibrado para las condiciones de las pasturas en Costa Rica.

Otros autores han sugerido considerar la altura del rebrote para definir el ingreso de los animales. De hecho, en el Cuadro 4 se presentan algunas orientaciones al respecto para diferentes especies forrajeras. Esta medición puede tener alguna relación con la disponibilidad, pero para ello debería considerarse además la densidad de plantas. Además, es posible que funcione mejor en el caso de especies de

crecimiento erecto. Más recientemente han habido propuestas para que se tome en cuenta la “edad fenológica”, expresada como el número de hojas nuevas emergidas por macollo, pero este último criterio, aunque válido, todavía requiere de más investigación para decidir qué es lo más adecuado para muchas de las especies de uso común. En el caso del kikuyo en Costa Rica (Cascante et al. 2015), se ha sugerido considerar la presencia de cuatro hojas nuevas por macollo como criterio de ingreso de animales y para ryegrass en Australia sólo tres hojas por macollo (Fulkerson y Donaghy 2001).

**b. Limitar el largo del período de ocupación.** Cuando los animales permanecen varios días en un mismo potrero existe el riesgo de que en el mismo ciclo de pastoreo consuman los nuevos brotes de plantas que recientemente han sido defoliadas. Esto va a resultar en que se usen las reservas orgánicas dos veces en un mismo ciclo, cuando posiblemente el pasto no ha sido capaz de reponer las que se usaron para el primer rebrote, y que además se consuman yemas que estaban listas para producir nuevas hojas o macollas. Esta práctica va a llevar en el mediano plazo al agotamiento de las reservas orgánicas, especialmente de aquellas especies más apetecidas por los animales y, consecuentemente a la degradación de las pasturas. Aunque sabemos que los nuevos brotes son de mejor calidad, la probabilidad de que estos sean consumidos en un mismo ciclo de pastoreo aumenta en los sistemas intensivos dado que la presión de pastoreo es mayor.

Es prácticamente imposible decir cuál es el largo del período de ocupación óptimo, pues va a estar en función de la velocidad de rebrote y por ende, de los factores que la gobiernan; sin embargo, con frecuencia se dice que no debería ser mayor de tres días para la mayoría de pasturas y condiciones agroecológicas. Bajo condiciones del trópico, en las épocas de buena disponibilidad de humedad, lo ideal es tener sólo un día de ocupación en los sistemas de pastoreo rotacional con solo un grupo de animales, y menos de tres en el caso del pastoreo rotacional de líderes y seguidoras; mientras que en las zonas de altura el riesgo de que las vacas consuman los rebrotes con períodos de ocupación de tres días es menor. Ahora bien, en las lecherías de altura en Costa Rica es frecuente la práctica de medio día de ocupación en cada potrero, pero las razones para esta práctica son diferentes a prevenir el riesgo de consumo de los rebrotes. Sorio (2006), ha sugerido para América Central y las áreas tropicales de Suramérica, que el período de ocupación sea de un día al inicio de las lluvias, 1-2 días al final del período de lluvias, 3-5 días al inicio del periodo seco y de 6-10 días en pleno periodo seco. Sin embargo, estas recomendaciones generales hay que tomarlas con precaución, pues lo más adecuado es revisar los potreros en uso y chequear que no se hayan presentado aún las nuevas hojas producto del rebrote.

**c. Ajustar el sistema de pastoreo a las necesidades de los animales.** En un hato, diferentes grupos de animales tienen diferentes requerimientos por lo que, si se pretende que el pastoreo sea la fuente principal de nutrientes para el ganado, entonces el sistema de pastoreo debe ajustarse para responder a ello. En tal sentido, los animales con mayores requerimientos (i.e., vacas lactantes de alta producción y terneras de reemplazo en sistemas lecheros y novillos de engorde en sistemas de producción de carne), deben tener la máxima oportunidad de selección de las partes de forraje de mayor valor nutritivo presentes en la pastura.

Debe tenerse presente que las porciones más tiernas de forraje son las hojas nuevas y los tallos jóvenes y que en el caso de pastos de crecimiento erecto, ambos se encuentran en los estratos superiores de las plantas. Los trabajos pioneros de Stobbs (1973), en Australia mostraron que cuando los animales recién ingresan al potrero van a encontrar una buena cobertura y estructura de la pastura, lo que resultará en que los animales consigan un mayor tamaño de bocado y que el forraje presente en ese bocado tenga los más altos contenidos de proteínas, vitaminas y minerales y mayor digestibilidad. A medida que los animales permanecen más tiempo en el potrero, la densidad de forraje ( $\text{g/cm}^3$ ) disminuye, por tanto, el tamaño de bocado declina, el consumo de forraje también se hace menor y la calidad nutritiva del forraje consumido es menor pues es mayor la proporción de hojas más maduras y de tallos en esos bocados (Da Silva y Carvalho 2005).

Como el pastoreo racional intensivo busca que los animales hagan un uso bastante alto del forraje disponible dejando muy poco forraje residual a la salida de estos, es mejor establecer grupos de pastoreo con diferente prioridad de ingreso al potrero basado en sus requerimientos nutricionales, porque si no los animales con mayores demandas de nutrientes se verán sacrificados y tendrán que depender más de suplementación para el logro de niveles altos de producción.

**d. Mantener la estabilidad de la producción.** La estacionalidad de la producción y productividad animal es una característica inherente a los sistemas de pastoreo, los cuales dependen de las condiciones climáticas que varían a lo largo del año. Pero si el manejo permite que las pasturas sean estables, es decir que no se degraden y mantengan una buena condición por varios años, es posible lograr que la productividad muestre una cierta estabilidad en el tiempo, aunque se reconoce que siempre existe una variabilidad inter-anual y que esta es cada vez mayor debido al cambio climático.

Ahora bien, en los sistemas de producción lechera se busca que dentro de una estación y sobretodo, en cada ciclo de pastoreo no varíe mucho la producción diaria de leche, y eso es posible de conseguir a través del buen manejo del pastoreo, asumiendo que los diferentes potreros son más o menos uniformes. Lo que sucede es que la producción de leche por vaca es un reflejo de la calidad de la dieta ingerida por el animal el día anterior; entonces si los animales lactantes permanecen cinco días en el potrero, lo que se va a observar es que en el segundo día de ocupación las vacas logran la mayor producción -reflejo del consumo de más pasto y de mejor calidad el día en que los animales ingresaron al potrero-, y que luego de esto, en cada día de ocupación adicional se observará una declinación en la producción por vaca. Obviamente, esta declinación será mayor y más acelerada cuando se utilizan altas presiones de pastoreo.

Con base en esto se recomienda que los grupos de vacas lactantes sólo permanezcan un día pastoreando en un potrero. Esto no contradice lo dicho en la sección de largo del período de ocupación, pues si se tienen diferentes grupos que utilizan un potrero en cada ciclo ("sistema de líderes y seguidoras"), entonces cada grupo debería ocupar el potrero sólo un día. Este objetivo no es válido en los sistemas de producción de carne, pues si bien la ganancia de peso diaria responderá de manera similar a lo estipulado para la producción de leche, el producto animal se beneficia al cabo de un período más o menos largo.

## 6. ¿Qué se requiere para implementar un sistema de pastoreo rotacional intensivo?

Si un productor decide cambiar su sistema actual de pastoreo para implementar el racional intensivo y busca el apoyo de un técnico, es importante que se defina una hoja de ruta para el cambio. A continuación se describen los pasos más importantes que se deben dar para implementar dicho cambio.

**a. Inspección de las áreas de potrero en la finca.** Luego de una entrevista con la familia productora para conocer las razones por las cuales desean cambiar el sistema de pastoreo y sus expectativas con el cambio, el técnico debe preguntar si existe un plano de las áreas de potreros con la forma de distribución presente, revisarla previo al recorrido de reconocimiento y llevar una copia para hacer las anotaciones relevantes durante el reconocimiento de las áreas de la finca donde se pretende establecer el sistema de pastoreo racional (Foto 1). En muchos casos también puede ser de utilidad el uso de Google Maps para ubicar la finca y detalles de esta con las coordenadas (latitud y longitud) o lecturas hechas con GPS<sup>6</sup> o aplicaciones en teléfonos inteligentes (Foto 2). Una vez se tenga el área ubicada, se puede conseguir una copia impresa de la fotografía aérea o imagen de satélite del área a inspeccionar, para hacer las anotaciones necesarias sobre la misma a medida que se va haciendo un recorrido (Foto 3).

El recorrido lo debe hacer el técnico con al menos un miembro de la familia o con la persona que designe el propietario, pero quien sea el acompañante debe tener un buen conocimiento de los potreros. En el recorrido, con base en observaciones visuales, se anota el tipo de pasturas (i.e., cultivadas y naturales, indicando las especies dominantes en el caso de las cultivadas) y se aprovecha para hacer una evaluación rápida del nivel de degradación usando la escala propuesta por Betancourt et al. (2007), que se presenta en el Cuadro 5. También deben anotarse las formas actuales de acceso, el tipo/grupo de animales que hace uso de los potreros y el número de animales por grupo, así como cualquier dificultad para su utilización; la ubicación de las fuentes de agua, áreas de sombra natural, sitios pedregosos, caminos y divisiones internas, casas, corrales, sala de ordeño, etc., así como cualquier otra facilidad relevante en el manejo de las pasturas (Foto 4) y del ganado. El técnico debe formular frecuentemente preguntas a la persona que lo acompaña en el recorrido y no sólo hacer sus propias observaciones. En el caso de que no se disponga de un plano, el técnico deberá coleccionar información durante el recorrido, geoposicionando los puntos relevantes observados, para luego elaborarlo.

<sup>6</sup> <http://www.mapcoordinates.net/es>





**Foto 1.** Revisión del plano de la finca entre el productor y el técnico  
Crédito: Jorge Cruz, Rainforest Alliance, Petén, Guatemala

**b. Diseño participativo del sistema de pastoreo rotacional intensivo.** La decisión de cambiar el sistema de pastoreo normalmente requiere una inversión -a menudo importante-, por lo que es necesario que el propietario de la finca participe en todo el proceso de diseño, pues la decisión que tomen él (ella) y su familia debe estar basada en información; además, lo más importante es que a través de este proceso participativo ellos hagan suya la alternativa propuesta. El técnico que provee la asistencia técnica puede tener sus propias ideas de cómo implementar el sistema, pero la decisión final es de los propietarios de la explotación. A menudo ayuda que el extensionista invite al productor y su familia a visitar otra(s) finca(s) donde se ha hecho el cambio de sistema y que sea el mismo propietario de la finca visitada quien les explique cómo trabajaron, qué problemas enfrentaron y cómo los superaron (Palma y Cruz 2010).

Los pasos que se deben seguir en el proceso de planificación del sistema de pastoreo racional intensivo, como en cualquier otro cambio/innovación que se proponga para la finca son los siguientes:

**i. Recopilación de información general sobre el manejo de la finca y del componente pastura.**

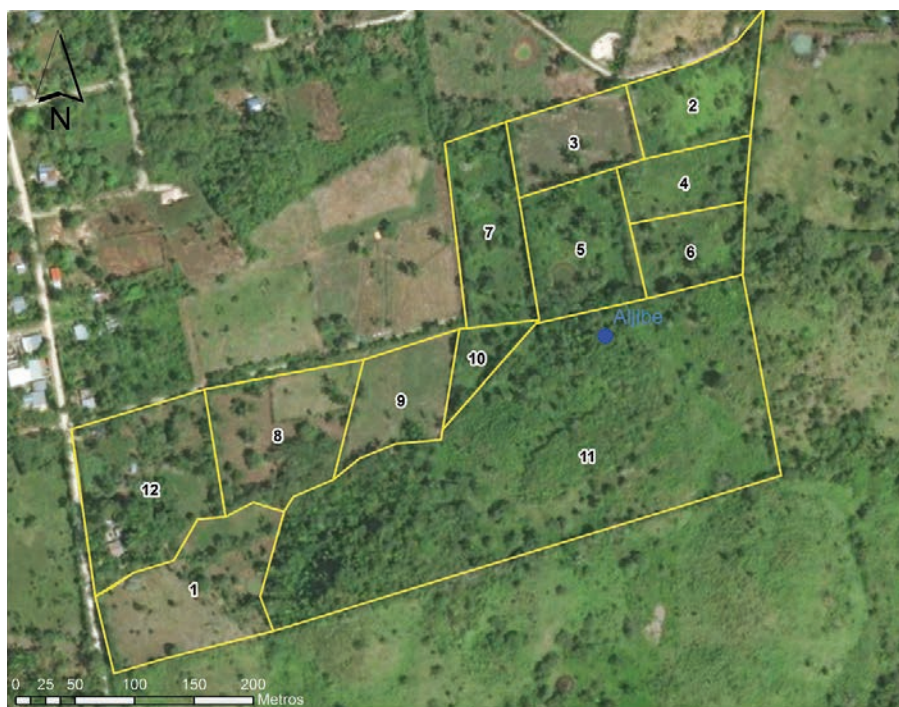
Los datos que es importante recopilar sobre la finca para planificar cómo establecer el sistema de pastoreo racional son los siguientes: i. Nombre de la finca y del propietario (puede ser además del administrador); ii. Ubicación, incluyendo, de ser posible, la localización con coordenadas y altitud; iii. Datos meteorológicos tales como temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa, precipitación total y estacionalidad<sup>7</sup>; iv. Características fisiográficas predominantes que describen la

<sup>7</sup> Se puede utilizarse la información colectada en la estación meteorológica más cercana



**Foto 2.** Uso del GPS para medir el área en pasturas y eventualmente definir los puntos donde irán los límites de potreros  
Crédito: Andres Vega, CATIE

topografía o el tipo de terreno (por ejemplo, planicies, laderas, cerros), y el tipo de suelo (rojo, poco fértil, negro, bueno, pedregoso); v. Principales usos de la tierra en la finca (actividades agrícolas, pecuarias, forestales); vi. Condiciones de accesibilidad; vii. Información general del hato en términos de: tipo de sistema de producción, número de animales por categorías; indicadores productivos actualizados (p.e. producción por vaca, eficiencia reproductiva, edad al primer parto, edad y peso de venta de animales, mortalidad, etc.), uso de suplementos, etc.; viii. Sistema de manejo de pasturas expresado como el tipo de pasturas y su importancia relativa en la finca, área cubierta por pastos de pastoreo y corte, sistemas de utilización de pasturas para cada grupo de animales, en términos de método de pastoreo, frecuencia e intensidad de uso, carga animal, uso de fertilizantes, control de malezas, uso de riego, etc.); ix. Percepción del productor sobre los principales problemas en el manejo de sus pasturas; y x. Balance económico y financiero de la finca, para conocer costos, ingresos, flujo de caja, rentabilidad, créditos bancarios, etc.



**Foto 3.** Identificación de la distribución actual de potreros y otros usos en la finca en una vista de Google Maps

Crédito: Jorge Cruz, Rainforest Alliance, Petén, Guatemala

**Cuadro 5.** Escala para la evaluación del nivel de degradación de pasturas

Nivel de degradación	Disponibilidad de forraje	Cobertura (%)			Erosión
		Especies palatables	Malezas	Suelo desnudo	
Ninguna	Muy alta	>80	<5	No hay	No hay
Leve	Alta	50-80	5-15	Espacios pequeños	No hay
Moderada	Media	20-50	15-40	Manchas aisladas	No hay
Severa	Pobre	<20	40-60	Manchas aisladas	Laminar
Muy severa	Muy pobre	<20	>60	Manchas con distribución uniforme	Surcos o cárcavas

Fuente: Betancourt et al. (2007)



**Foto 4.** Vista general de una finca donde se observan potreros, fuentes de agua, áreas de pendiente, etc.  
Crédito: Danilo Pezo, CATIE

**ii. La visión del productor y su familia.** Para que ocurra cualquier cambio en la finca, esta debe ser producto de una decisión del productor y su familia para hacer realidad un “sueño”. La función del extensionista o quien le brinda asistencia técnica es guiarlos y motivarlos para hacer realidad los cambios deseados en un plazo determinado, con nuevas tecnologías y aprovechando las oportunidades del entorno. Cuando se planifica el establecimiento de un sistema de pastoreo racional es importante conocer cuáles son las expectativas del productor y su familia respecto a los niveles de producción y productividad que quieren alcanzar y en qué plazo. El técnico debe compartir con el productor y su familia los conceptos básicos del sistema de pastoreo racional intensivo a implementar, dejar claro qué es posible alcanzar en el corto y mediano plazo con el tipo de recursos forrajeros y animales disponibles, si amerita aplicar antes tratamientos de recuperación o renovación de pasturas, si habrá necesidad de conseguir más animales y/o de mayor potencial productivo para tomar ventaja de los beneficios asociados al sistema de pastoreo, que los cambios en el sistema de pastoreo regularmente son parte de un proceso que requiere de inversión y que tomará un tiempo para observar los resultados y recuperar lo invertido. Esta información ayuda a tener cautela al momento de planificar, definir las intervenciones y resultados esperados en diferentes etapas del proyecto, pues rara vez se podrán hacer todos los cambios de una sola vez. Es más, es muy probable que mientras dure la instalación del nuevo sistema de pastoreo habrá que excluir potreros del uso regular de la finca, por lo que se deberán tomar decisiones sobre conseguir nuevas áreas donde colocar los animales, usar forraje suplementario o buscar otras alternativas para solventar la escasez temporal de áreas de pastoreo.

**c. Diseño del sistema de pastoreo racional intensivo.** Con base en la información colectada en el paso 6.b.i y el resultado de las acciones desarrolladas en el paso 6.b.ii, el técnico estará en posibilidad de diseñar el sistema de pastoreo, el mismo que luego propondrá al productor y su familia. Pero es

posible que en el trabajo de diseño de la propuesta de manejo, el técnico deba interactuar varias veces con el productor o quien maneja la explotación ganadera y que incluso deba hacer alguna(s) visita(s) adicional(es) a la finca para chequear sus observaciones y factibilidad de su propuesta.

**i. ¿Cómo organizar el hato para el uso de las pasturas?** En un hato hay animales que pertenecen a diferentes categorías y es posible que incluso en la finca se manejen diferentes tipos de hatos (p.e. doble propósito, vacas de cría, desarrollo y engorde). Esto hay que tomarlo en cuenta al momento de diseñar los sistemas de pastoreo, no sólo porque los requerimientos nutricionales de los diversos grupos son diferentes, sino también porque hay diferencias entre grupos de animales en la eficiencia de uso de los recursos forrajeros, su transformación en productos animales y la eficiencia económica del sistema. Si se consideran los tipos de hato, la producción lechera es más eficiente biológicamente que la cría de ganado de carne; el engorde por su parte es más eficiente que la cría y que el crecimiento y desarrollo y posee un nivel de eficiencia biológica para la transformación de pasto en producto animal que es equivalente a la de los sistemas lecheros especializados con niveles medianos de producción. Esto debe tomarse en cuenta para el diseño, pues cuanto más eficiente el sistema, justificará un mayor grado de intensificación.

**ii. ¿Cuántos animales puede sostener la pastura?** El número de animales que puede sostener la pastura es función de la disponibilidad de forraje, la cual está determinada por la(s) especie(s) de pasto presentes, la condición, los factores edafoclimáticos prevalentes en el sitio, los niveles de fertilización utilizados, el uso de riego, el nivel de suplementación o complementación con otros recursos forrajeros y el patrón de manejo, entre otros. En el Cuadro 6 se presentan algunos estimados de la carga animal en unidades animal<sup>8</sup> que pueden sostener diferentes tipos de pasturas tropicales, valores que pueden ayudar a orientar el área de potreros que se puede requerir con base en el tamaño de hato que se dispone en la finca y aquel al que se pretende llegar una vez efectuados los cambios en el sistema de pastoreo. Como en la finca se encuentran diferentes categorías de animales, para estimar la carga total que recibirán los potreros en unidades animal, se recomienda usar las equivalencias de unidades animal que se presentan en el Cuadro 7. Si quiere estimar la carga animal en UA/ha asignada a los potreros, sólo hay que dividir el total de carga animal en UA, entre la superficie de potreros expresada en hectáreas; puede tomar los valores del Cuadro 6 para revisar si la superficie de pastos es suficiente para mantener los animales disponibles, o cuántos animales se podrían mantener en las pasturas disponibles en la finca.

En el Cuadro 8 se presenta un ejemplo de una finca que tiene 45 animales de diferentes categorías, los cuales pastorean en 14,5 ha, con una carga promedio de 2,67/ha. En principio si en la finca se tienen solo gramíneas, la carga puede estar bien si es que se manejan estas con un nivel conservador de fertilización. Ahora bien, probablemente el productor no querrá tener todos los animales pastoreando los mismos potreros, sino que querrá tener las vacas adultas y las terneras menores de 1 año en un grupo de pastoreo las novillas de reemplazo pastoreando otros potreros y los machos en área aparte, idealmente recibiendo pasto de corte con una dosis pequeña de suplementación. Si ese es el caso, entonces se debe diseñar su sistema tomando en cuenta los grupos de pastoreo (2) y los potreros separadamente para las áreas dedicadas a cada grupo. Así, si mantuvieran la misma carga de 2,67 UA/ha, se deberá considerar entonces un área de casi 10,4 ha para las vacas y terneras y el resto para los animales en crecimiento, descontando un área pequeña para el pasto de corte. Esas áreas se deberán fraccionar en el número de potreros que señale el sistema de pastoreo a usar, lo cual se discutirá en la Sección 6.c.iii.

<sup>8</sup> Unidades animal = UA = equivalente a una vaca adulta de 400 kg de peso

**Cuadro 6.** Capacidad de carga (vacas/ha) y productividad de leche (kg/ha/año) con base en pastos de diferentes tipos de pasturas en el trópico

Tipo de pastura	Carga animal (vacas/ha)	Producción de leche (kg/ha/año)
Gramínea no fertilizada	0,8 – 1,5	1000 – 1500
Asociación gramínea - leguminosa	1,3 – 2,5	3000 – 8000
Gramínea fertilizada	2,5 – 5,0	4500 – 12.000
Gramínea fertilizada e irrigada	6,9 – 8,9	15.000 – 23.000

Fuente: Pezo et al. (1992)

**Cuadro 7.** Equivalencias de carga animal (UA) para diferentes categorías animales

Tipo de animal	Equivalencia (UA)
Toro	1,3
Vaca adulta	1,0
Vaca + ternero	1,25
Ternero desde destete a 1 año	0,6
Novill@ de 1 a 2 años	0,7
Novill@ de 2 a 3 años (hasta 300 kg)	0,8
Ovejas	0,20
Cabras	0,17
Caballo adulto	1,25

Fuente: adaptado de Bavera (2006); Redfearn y Bidwell (2014)

Otra opción que se puede usar está basada en la producción que se espera de pastos en la pradera y el nivel de asignación por animal, pero esto va a resultar más complicado, especialmente al inicio cuando no se tiene información confiable sobre la tasa del crecimiento del pasto. A medida que se avanza con la aplicación del sistema de pastoreo racional intensivo se pueden hacer los ajustes necesarios en términos de la carga animal.

- iii. **¿Cuántos potreros se deben considerar para el diseño?** El número de potreros va a ser función del sistema de pastoreo que se desea implementar y de la información que se dispone sobre cuáles son el largo del período de ocupación y de descanso para el tipo de pasturas con que se trabaja y al manejo agronómico de las mismas, pues se sabe que este último incidirá en la tasa de rebrote del pasto.

**Cuadro 8.** Ejemplo del cálculo de la carga animal para un hato lechero que pastorean en 14,5 hectáreas

Indicadores	n	UA equiv.	UA totales
Hato			
Vacas	23	1	23
Vaquillas 1-2 años	7	0,7	4,9
Vaquillas 2-3 años	5	0,8	4
Terneritas <1 año	8	0,6	4,8
Toro	1	1,25	1,25
Torete 1-2 años	1	0,7	0,7
Total	45		38,65
Área en pastos 14,5 ha			
Carga UA/ha			2,67
Grupo vacas * terneritas <1 año			27,8
Área para ese grupo (ha)			10.4a

Área = 27,8 UA/2,67 UA/ha

Para la estimación del número de potreros en un sistema rotacional se toma en cuenta el largo recomendado de los períodos de descanso (PD) y de ocupación (PO); sin embargo, lo importante es considerar cuál es ese descanso en el período crítico. Por ejemplo, si el descanso recomendado es de 35 días y el período de ocupación es de 1 día, con un solo grupo de pastoreo entonces el número de potreros será de:

$$\begin{aligned} \text{No. de potreros} &= (\text{PD}/\text{PO}) + 1 \text{ ó} \\ \text{No. de potreros} &= (35/1) + 1 = 36 \end{aligned}$$

Ahora bien, si se opta por el sistema con varios grupos de animales (NG), pastoreando los mismos potreros, cada grupo con el mismo número de días, entonces la fórmula será:

$$\text{No. de potreros} = (\text{PD}/\text{PO}) + \text{NG}$$

Usando los mismos datos del ejemplo anterior, pero considerando tres grupos de animales, entonces el número de potreros será:

$$\text{No. de potreros} = (35/1) + 3 = 38$$

Hay que tener presente que, si en la finca hay grupos utilizando rotacionalmente diferentes áreas de potreros, entonces hay que hacer el cálculo para cada sección de la finca que se usa de manera independiente.

**iv. Forma y tamaño de los potreros.** Lo ideal sería tener potreros circulares porque a una misma área es la forma geométrica que tiene el menor perímetro, pero sabemos que eso no es posible de manera que lo práctico sería disponer potreros de forma cuadrada que es la siguiente figura geométrica con menor perímetro -en otras palabras, menor inversión en cercas-; sin embargo, sabemos que frecuentemente no es posible tener potreros con esta forma porque las fincas con frecuencia tienen formas muy variables, además que posiblemente las variaciones en topografía del terreno tampoco lo va a permitir.

El tamaño de potreros va a depender de factores tales como: i. Área total efectiva disponible; ii. Número de potreros resultante del sistema de pastoreo propuesto; iii. Número de animales que van a pastorear, iv. Disponibilidad de pasto por unidad de área; v. Las posibles pérdidas por pisoteo y excretas; y vi. Cantidad de forraje asignado por animal durante el período de ocupación. Otra forma de cómo considerar los criterios (iv) y (vi), es tomar en cuenta la tasa de crecimiento del forraje, el largo del período de descanso y el consumo esperado por animal durante el tiempo que permanece en el potrero. Cuando se habla de área efectiva, debe tomarse en cuenta que cuando se diseñan los potreros hay que considerar que hay áreas que deben asignarse a corredores, abrevaderos, etc., las cuales pueden representar un 15% del área en pastos. La disponibilidad de pasto es variable en función de la estacionalidad de producción forrajera y puede estimarse por varios métodos, ya sea usando muestras cortadas de 0,25 – 1,0 m<sup>2</sup> dependiendo del tipo de pastos<sup>9,10</sup> a través de métodos de doble muestreo (observaciones visuales y reales), o usando el método electrónico de “plato medidor”<sup>11</sup>. La cantidad de forraje asignado por animal es función del tipo y tamaño de los animales que van a pastorear y la intensidad de pastoreo que se pretende aplicar. Con base en forraje verde esta puede ser 50 – 75 kg/vaca/día y en materia seca 5,0 - 7,5 kg/100 kg PV/ día. Para animales de otras categorías se debe considerar que el consumo potencial de forraje verde suele estimarse como el 10% PV y como 3,0 kg/100 kg PV en materia seca.

En el ejemplo que se propuso en la sección 6.c.ii, donde se indicó que para manejar las vacas y terneras se necesitaban 10,4 ha, habría que considerar que el área efectiva de potreros para ese grupo -descontando el 15% para corredores y abrevaderos-, será:

$$\text{Área efectiva de potreros} = 10,4 \times (85/100) = 8,84 \text{ ha}$$

Si se tomara la información de la misma sección sobre el número de potreros, entonces el tamaño debería ser:

$$\text{Área por potrero} = 88.400 \text{ m}^2/38 \text{ potreros} = 2326 \text{ m}^2$$

Ahora bien, si se usan los criterios expresados en esta sección, entonces la forma de estimación sería como sigue:

$$\text{Área por potrero} = [((NA \times CP) \times ((100 + P) / 100)) / D] \times PO$$

<sup>9</sup> El número de muestras a cortar será mayor cuanto más variable la pastura

<sup>10</sup> En pastos rastreros generalmente es posible usar marcos cuadrados de 0,5 x 0,5 m, pero en pastos de crecimiento erecto como los pastos guinea y elefante, se usan marcos de 1,0 x 1,0 m, o se hace la estimación por macolla.

<sup>11</sup> Esta técnica va a ser evaluada en Costa Rica por Luis Villalobos V. y colaboradores de la Universidad de Costa Rica.



Donde:

NA = Número de animales

CP = Consumo de pasto, kg/FV animal

P = Pérdidas (%)

D = Disponibilidad (kg/m<sup>2</sup>)

PO = Largo del período de ocupación (días)

Ahora vamos a estimar el área de cada potrero tomando nuevamente el ejemplo de la sección 6.c.ii, donde se indica que las vacas y las terneras menores de un año pastorean los mismos potreros, con un día de ocupación por cada grupo, que hay 23 vacas y 8 terneras las que consumen en promedio 50 y 15 kg/día de forraje verde, respectivamente; que las pérdidas por pastoreo son del 35% de la biomasa disponible y que la disponibilidad es de 1 kg de forraje verde por m<sup>2</sup> como promedio del año.

$$\text{Área de potrero} = [(((23 \times 50) + (8 \times 15)) \times ((100 + 35) / 100))] / 1,0] \times 1 = 1714,5 \text{ m}^2$$

Con esta fórmula se estima que el tamaño de cada potrero es menor a lo que se estimó previamente considerando sólo el área total efectiva para instalación de los potreros y el número de potreros a ser usados en rotación. Hay que tomar en cuenta que esta es una primera aproximación y que posteriormente se puede ajustar el número de animales luego de monitorear el uso de los potreros.

**d. Elaboración del presupuesto.** Para la preparación del presupuesto hay que tener al menos un croquis de la distribución de los potreros, considerando posibles áreas que se deberán evitar por pendientes riesgosas, protección de fuentes de agua, acceso al agua, movimiento de animales, etc.

Definitivamente para sistemas de pastoreo rotacional intensivo el uso de cercas eléctricas es de gran ayuda; las mismas se pueden instalar incluso en áreas donde no hay electricidad, dado que hay sistemas con paneles solares. Es más, si bien esto puede ser más costoso al inicio, reduce los costos por pago de energía eléctrica y es considerado como una tecnología más amigable con el ambiente, especialmente cuando la electricidad es generada con energía fósil. Estos criterios se deben considerar al momento de elaborar el presupuesto.

Otra inversión que se debe tomar en cuenta es la referente a postes para cercas. Es recomendable que las perimetrales sean fijas con postes de madera tratada -o de concreto-, pero para las divisiones internas se pueden usar estacas de hierro corrugado o de madera tratada. El distanciamiento entre postes y estacas dependerá de las condiciones del terreno y el tipo de animales con los que se va a trabajar. Todo depende de la disponibilidad de capital para la inversión inicial, pero debe reconocerse que las de hierro son más durables y fáciles de instalar, pues se pueden enterrar con golpes de mazo. Otros materiales requeridos son el alambre galvanizado BWG de 16 ó 14, los cuales son fáciles de instalar manualmente. En las cercas perimetrales regularmente se tienen 4 hilos de alambre, pero para las internas dependerá del tipo de animales, regularmente de un hilo en el caso de vacas y de dos cuando se tienen terneras. También se requieren aisladores, tensores, manguera plástica para aislar el alambre de los postes, grapas para cercas, etc.

**e. Capacitación del personal.** La instalación de cercas para el manejo racional intensivo de las pasturas supone una inversión importante para el finquero, por lo que tanto él y los miembros de su familia que

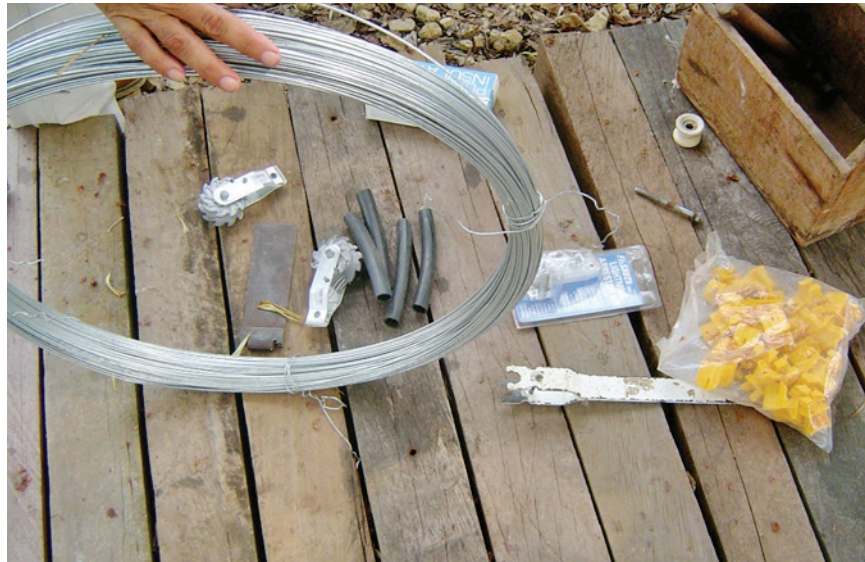
participen de las actividades de la finca, así como el personal deben capacitarse considerando los siguientes temas: i. Construcción de las cercas; ii. Condicionamiento de los animales; iii. Manejo del pastoreo; y iv. Toma de datos de campo. El extensionista o quien brinda la asistencia técnica al finquero es la persona indicada para ofrecer dicho entrenamiento.

La construcción de las cercas no es una práctica cotidiana, requiere de conocimientos, habilidades y destrezas por lo que la capacitación debe incluir algunos aspectos teóricos, pero sobre todo trabajo práctico propio del “aprender haciendo”. Igualmente, se requiere de pautas para la conducción de los animales, sumisión a la cerca eléctrica y movimiento de los animales a los potreros, aguadas y sala de ordeño. Por otro lado, si se busca que el ingreso y salida de los animales de los potreros sea flexible y basado en la observación, el entrenamiento debe incluir el manejo de los criterios usados para decidir en qué momento entran y salen los animales. Igualmente, es posible que con el tiempo se requieran hacer reparaciones o simplemente dar mantenimiento a las cercas, y en eso debe estar entrenado el productor y sus trabajadores. Finalmente, siempre se necesitará tener registros de manejo del pastoreo, pero de manera especial durante las fases iniciales en las que hay que monitorear el sistema para hacer los ajustes necesarios y eso sólo será posible si hay personal capacitado y se dispone de formularios de registro.

**f. Preparación de los materiales requeridos para establecer el sistema de pastoreo.** Tal como se describió en la sección 6.d, hay una serie de materiales que se requiere para la instalación de las cercas (i.e. postes, alambre, grapas, aisladores, etc.). Unos pueden conseguirse en el mercado, pero otros pueden ser preparados por quienes instalarán las cercas. Es importante estimar el número de piezas de cada elemento que se requiere y programar su compra para tenerlos disponibles al momento en que se necesiten. En la Foto 5 se muestran algunas de los materiales usados en cercas y en la Foto 6 la preparación de postes.

**g. Instalación de las cercas y otros equipos.** El primer paso para la instalación de las cercas es la demarcación de los diferentes potreros y corredores para el movimiento de los animales. Esta es la oportunidad para hacer correcciones y ajustes que respondan a las condiciones del terreno y las mejores opciones para el manejo de los animales. Esto lo puede hacer un topógrafo o un asistente de campo con dos o tres trabajadores usando cinta métrica ojalá de 50 m y tres estacas. Si el área es completamente nueva, primero se hace el trazado de los cercos perimetrales y luego de las divisiones interiores, pero si los primeros existen, se debe usar como referencia para el resto de divisiones. Siempre debe disponerse del croquis o mapa preparado y en el anota cualquier corrección que se haga al diseño original.

El paso siguiente es la construcción de la cerca propiamente dicha, que empieza con la perforación de los hoyos y la colocación de los postes. Debe comenzarse con la construcción de los esquineros y anclajes (Foto 7), para con base en el distanciamiento prefijado, perforar los puntos donde irán los postes intermedios (Foto 8). El largo de los postes y la profundidad de enterrado variará con el tipo de animales usados y el número de hilos que se van a usar. Con frecuencia los postes son de 1,8 a 2,4 m de largo y la profundidad de enterrado es de 0,6 a 0,8 m. Si se va a usar cerca eléctrica, se hacen perforaciones en los postes para pasar el alambre y un tubo plástico que sirve de aislador; pero antes de tomar esa decisión revise el costo de los aisladores que están disponibles en el mercado local, pues en muchas situaciones puede ser no sólo más práctico, sino también más barato que perforar postes y poner los tubos plásticos.



**Foto 4.** Algunos materiales utilizados en la construcción de cercas eléctricas  
Crédito: Danilo Pezo, CATIE



**Foto 5.** Preparando los postes para cercas  
Crédito: Danilo Pezo, CATIE



**Foto 6.** Instalación de postes esquineros  
Crédito: Danilo Pezo, CATIE

Un punto importante es el anclaje de los postes esquineros, pues la tensión en esos puntos es muy fuerte por lo que se refuerza la unión de los postes no sólo con postes clavados en la parte superior, sino con alambre que amarra en diagonal (Foto 9). Otro detalle a considerar es la construcción de las tranqueras o portillos que se abren para la entrada y salida de animales. En cercas fijas estas se hacen con palos de la misma altura de la cerca o un poco más altos y es amarrado a los postes con el mismo alambre que se usa en la cerca (Foto 10). En el caso de las cercas eléctricas estas son sencillamente de alambre con una agarradera aislante (Foto 11).

Una vez que la cerca está completa se procede a instalar la central de electrificación con el pulsador, conexiones eléctricas o batería, según sea el caso (Foto 12). No debe olvidarse que al instalar la central debe tenerse cuidado en revisar el punto de conexión para el alambre de la cerca y el de tierra. La central de electrificación debe colocarse en lugar techado protegido del sol y lluvia y seguro para evitar daños por curiosos. De preferencia su colocación debe ser centralizada para asegurar que todos los potreros están dentro de su radio de acción. También es recomendable instalar un pararrayos a unos 30-40 m de distancia de la central de electrificación para protegerla.



**Foto 7.** Colocando los postes  
Crédito: Danilo Pezo, CATIE



**Foto 8.** Anclaje de los postes esquineros con detalle de tensador  
Crédito: Danilo Pezo, CATIE

**h. Monitoreo participativo de la operación del sistema y definición de ajustes.** El establecimiento de un sistema de pastoreo rotacional intensivo -especialmente costoso si se necesita una inversión alta en cercas-, es un paso importante en el mejoramiento de la finca, por lo que es ineludible dar un seguimiento para analizar el impacto de los cambios propuestos. Esto es importante no sólo para el productor, sino también para el extensionista o técnico de asistencia técnica y para las instituciones o proyectos que promueven dicho cambio. Aunque cada caso particular puede considerarse único, el contar con información bio-económica de la intervención va a ser punto de referencia para el escalamiento de esa experiencia. Esto supone en primera instancia contar con una identificación confiable de los animales participantes, que los animales reciban tratamientos oportunos de desparasitación y baños y que se cuente con un sistema de registros de producción (p.e. kilos de leche, ganancia de peso, condición corporal, etc.) y del uso de las pasturas. Para estas últimas es fundamental anotar fecha de ingreso y salida de animales, el número de animales y un estimado del peso de los animales que utilizan las pasturas. Es altamente deseable contar con algunos registros de disponibilidad de pasto antes del ingreso y después de la salida de los animales, pero obviamente no en todos los potreros ni en todos los ciclos; podría ser al inicio, mitad y final del período de lluvias y uno en plena época seca. Lo mismo puede aplicar para los pesajes de leche y animales.



**Foto 9.** Tranquera en cerca de alambre de púas  
Crédito: Danilo Pezo, CATIE



**Foto 10.** Detalle de aislador en portillo de cerca eléctrica  
Crédito: Danilo Pezo, CATIE



**Foto 11.** Central de electrificación con pulsador, batería y otros  
Crédito: Danilo Pezo, CATIE

En el caso de animales de carne y en crecimiento de hatos lecheros, los cuales no han estado sometidos a manejo frecuente, deben entrenarse en un terreno cercano al corral de manejo donde se monta una cerca eléctrica dentro de un área con cerca fija perimetral, la cual controlará a los animales en caso de que rompan la cerca eléctrica. Otro punto importante propuesto por Sorio (2006), es que los animales deben habituarse a sus grupos de pastoreo por lo que antes de ingresar al sistema, ingresan con su grupo a los “potreros de entrenamiento”. Este entrenamiento debe iniciarse temprano por la mañana de manera que los trabajadores que los manejan puedan observarlos por varias horas.

## 7. Algunas experiencias en la implementación de sistemas intensivos de pastoreo racional en Costa Rica (éxitos, problemas, costos asociados)

### 7.1 Caso 1. Implementación del pastoreo racional intensivo (pastoreo Voisin) en el marco del Plan Piloto Nacional de Ganadería de Carne Baja en Emisiones de GEI en el Pacífico Central

**Productor:** José Rafael Alfaro Murillo

**Finca:** La Quinua, Mata de Plátano de Turubares, Alajuela

**Sistema de producción:** Doble propósito, con un sistema de pastoreo rotacional en pocos potreros y con un manejo más extensivo

**Responsables:** Marianela Chaves Cubero (CORFOGA)<sup>12</sup>, Douglas Rodríguez Vásquez (MAG)<sup>13</sup> y Luis Umaña Rodríguez (MAG)

¿Qué motivó a la familia productora para iniciar el cambio de gestión en la finca?: El productor José Rafael Alfaro y su esposa Melissa Alfaro-ambos ingenieros agrónomos jóvenes-, con gran pasión por la ganadería y con gran receptividad hacia el cambio, vieron que antes de 2013 la finca tenía una carga animal por debajo de su potencial y presentaba bajos niveles de producción/vaca y de productividad; tenía que depender mucho de insumos externos para sostener la producción de leche y carne y eso redundaba en altos costos de producción. Al incorporarse al Plan Piloto Nacional de Ganadería (MAG-CORFOGA) y al programa de capacitación brindado, vieron las oportunidades de cambio que podría abrirles la implementación del pastoreo rotacional intensivo (Foto 13). El tiempo les está dando la razón, viendo los resultados en la finca, cada día crece su entusiasmo y motivación por un mejor manejo del pastoreo.

<sup>12</sup> Corporación Ganadera de Costa Rica

<sup>13</sup> Ministerio de Agricultura y Ganadería

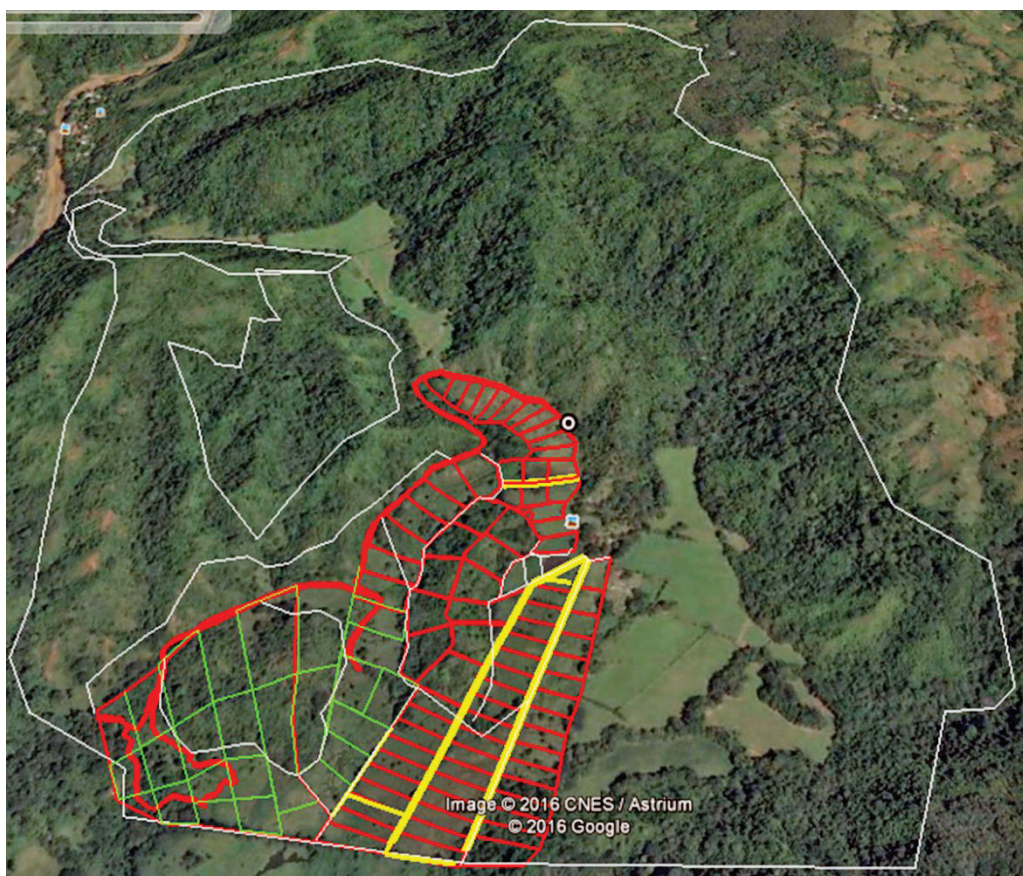




**Foto 12.** Potreros de pasto tanner antes del ingreso de los animales en la finca de los productores José R. y Melissa Alfaro, Turrubares, Alajuela, Costa Rica  
Crédito: Ing. Douglas Rodríguez, MAG, Pacífico Central.

### Descripción de la innovación:

- Sistema de pastoreo utilizado: pastoreo rotacional intensivo (Voisin) en 25 ha de la hacienda (hasta el 2017).
- Especies de pasto principales: tanner (*Brachiaria arrecta*), bermuda (*Cynodon dactylon*), estrella (*Cynodon nlemfuensis*).
- Número de potreros (a la fecha): 34 para vacas en producción y novillas (17 ha) y 40 para terneras (8 ha).
- Propuesta de división de potreros (ver Figura 10).
- Criterios usados para el ingreso y salida de animales: se aplican básicamente los principios (“leyes”) del pastoreo Voisin. El largo del período de descanso varía según época (estacionalidad en la rapidez del rebrote), así como las particularidades de cada potrero. En cuanto al largo del período de ocupación es tal que permita un pastoreo intensivo profundo, un día con el lote de vacas en producción (animales de mayores requerimientos), y después, según el estado del potrero, el lote lo utilizan las novillas o vacas secas y se hace ajustes en carga animal según la época.
- Inversión estimada (monto total): El productor invirtió casi 2,5 millones de colones para la instalación de la cerca eléctrica, no contabilizando los postes, mano de obra y algunos materiales que estaban disponibles en la finca.



**Figura 10.** Croquis de la distribución de potreros en la finca La Quinua

Crédito: Ing. Douglas Rodríguez, MAG, Pacífico Central.

### Resultados obtenidos:

Los efectos de los cambios en los sistemas de pastoreo se van a ver en un período de al menos cinco años. En el Cuadro 9 se presentan los resultados obtenidos antes de la intervención (control) y luego de 6 y 18 meses de haberlos implementado; pero se reconoce que se han tenido que hacer algunos ajustes en el tiempo. El cambio del sistema de pastoreo ha resultado en que se duplique la carga animal, el intervalo entre partos se ha reducido en tres meses y la producción de leche casi se ha duplicado y, lo importante es que esos efectos se han incrementado con el tiempo. Esto obviamente va a tener impactos importantes en la economía de la explotación, los cuales, en otras fincas han mostrado que es posible recuperar hasta un 80% de la inversión en apenas un año.

Don José Rafael y doña Melisa están satisfechos con la innovación pues, además de los incrementos en comportamiento productivo y reproductivo, reconocen que hay un cambio importante en la disponibilidad de pastos, reducción en el uso de herbicidas, recuperación de las pasturas y mejora en la calidad del suelo, lo cual se refleja en una descomposición más acelerada de las excretas.

**Cuadro 9.** Resultados de 18 meses de operación de un sistema de pastoreo rotacional intensivo en la finca La Quinua, Turrubares, Alajuela, Costa Rica

Indicadores	18/09/13*	28/03/16**	30/03/17***
Número de vacas	30	38	36 + 22 vaquillas
Carga animal (UA/ha)	1,4	-	2,8
Intervalo entre partos (meses)	19,4	16,2	16,0
Producción leche (kg/vaca/día)	4,8	7,6	8,5
Producción leche (kg/hato/día)	147	276	305

\*Antes del inicio; \*\*6 meses después; \*\*\*18 meses después

## 7.2 Caso 2. Implementación del pastoreo racional intensivo en el marco del Plan Piloto Nacional de Ganadería de Carne Baja en Emisiones de GEI en la región Brunca

**Productor:** Geovanny Villegas Beita

**Finca:** San Antonio, Ujarrás de Pejibaye, Costa Rica

**Sistema de producción:** Cría y doble propósito, con un sistema de pastoreo rotacional en pocos potreros y con un manejo más extensivo (Foto 14)

**Responsables:** Hugo Soto (CORFOGA)<sup>14</sup>; Pablo Rodríguez (PNUD)<sup>15</sup>; Victoria Arronis (INTA)<sup>16</sup> y Horacio Chi Chan (MAG); con el apoyo de la Cámara de Ganaderos Unidos del Sur y la Cámara de Ganaderos Independientes de la Zona Sur.

**Características de la finca:** Tiene un área de 91 ha, con 10 ha dedicadas a cultivos, 8 bajo bosque y el resto en potreros manejados con una carga de 1,3 UA/ha. Antes de la intervención, la finca tenía 27 potreros (Foto 15), y luego de la implementación del sistema de pastoreo rotacional intensivo, éstos se incrementaron a 60 potreros con cambios en el diseño original (Foto 16). Los nuevos potreros son de 0,5 ha, pero además se enriqueció la finca con cercas vivas, se implementó una red hídrica en puntos estratégicos para que los animales tengan acceso al agua en todo momento, se hizo una estratificación del hato, y se plantó 1,0 ha de caña forrajera INTA como banco energético (Foto 17).

<sup>14</sup> Corporación Ganadera de Costa Rica

<sup>15</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

<sup>16</sup> Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria de Costa Rica



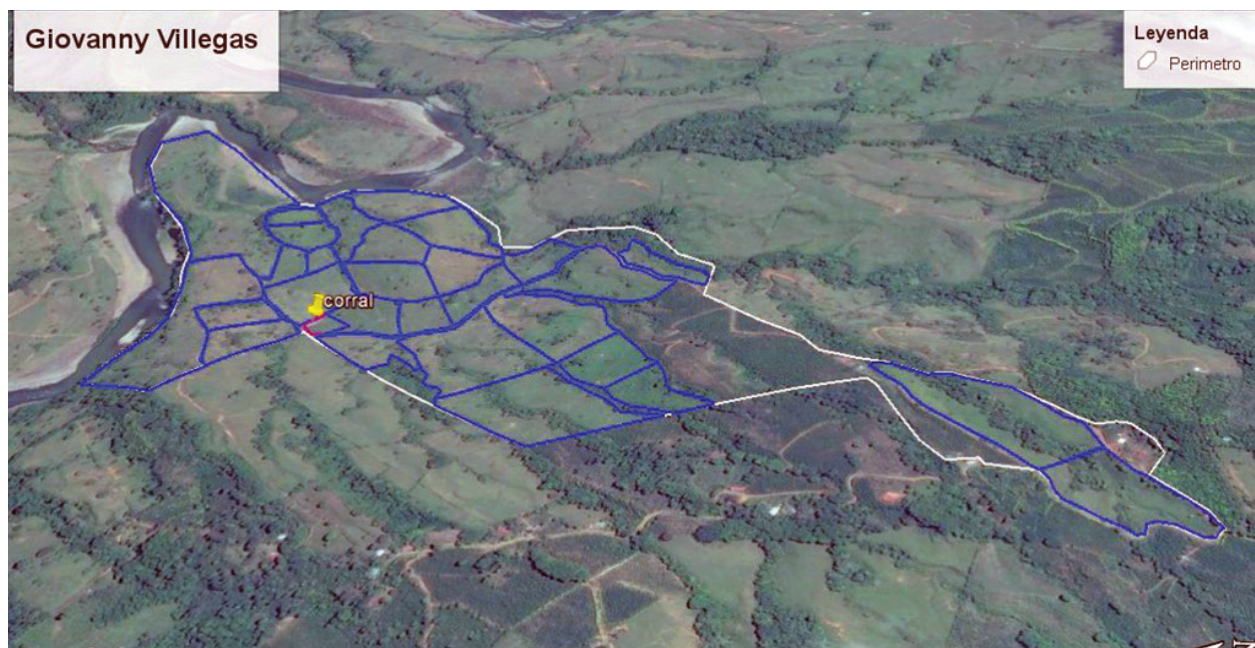
**Foto 13.** Terneros de destete en la finca del Sr. Geovanny Villegas en Ujarrás de Pejibaye, Pérez Zeledón donde se ha implementado un sistema de pastoreo rotacional intensivo.

Crédito: Foto facilitada por la Ing. Victoria Arronis, INTA, Región Brunca.

### Resultados obtenidos:

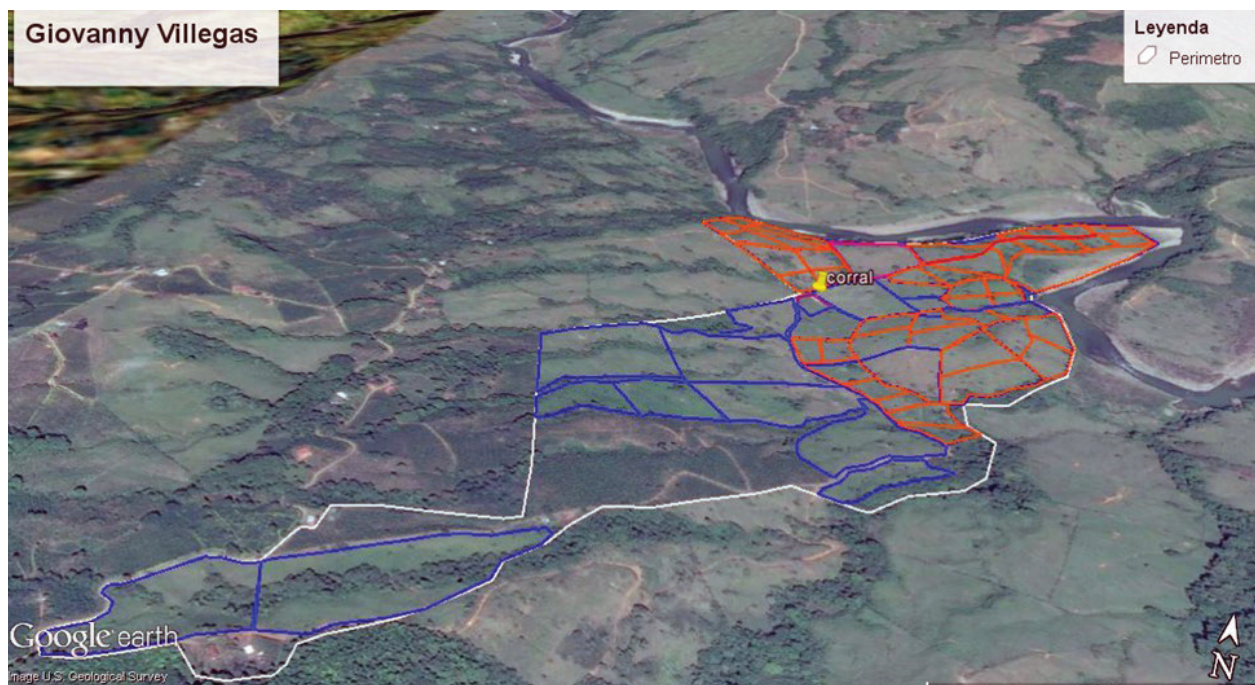
El cambio del sistema de pastoreo, acompañado de las otras innovaciones descritas en el párrafo anterior, trajeron como resultado un aumento en la capacidad de carga de la finca, más que en la ganancia de peso, con algunas diferencias entre los años 2014 y 2015 (Cuadro 10). Sin embargo, cuando se analizan los efectos sobre los resultados económicos de la finca se ve que la relación beneficio - costo se incrementó en 66 y 37% en el primer y segundo año de implementación de los cambios, los costos de producción se incrementaron significativamente en el año 2016 como consecuencia de las diferentes innovaciones implementadas, pero la rentabilidad todavía fue bastante mejor que antes de implementarlas (Cuadro 11); más aún, mejoró el precio del ganado en pie.

Al igual que en el caso anterior, debe colectarse información por al menos dos años más; pero los resultados preliminares evidencian que la intensificación del sistema está pagando la inversión y se mejora la rentabilidad de la empresa. No se puede decir que la disminución ligera en el peso al destete de los terneros de cría y de doble propósito, se puedan atribuir a un deterioro de las pasturas, sino más bien a las variaciones inter-anales que regularmente ocurren en las condiciones climáticas.



**Foto 14.** Distribución de potreros antes del proyecto en la finca de Geovanny Villegas, Ujarrás de Pejibaye, Pérez Zeledón, Costa Rica

Crédito: Foto facilitada por la Ing. Victoria Arronis, INTA, Región Brunca.



**Foto 15.** Distribución de potreros después de la implementación del pastoreo rotacional intensivo en la finca del Sr. Geovanny Villegas, Ujarrás de Pejibaye, Pérez Zeledón, Costa Rica

Crédito: Foto facilitada por la Ing. Victoria Arronis, INTA, Región Brunca.



**Foto 16.** Banco forrajero de caña INTA en la finca de Geovanny Villegas (Ujarrás de Pejibaye, Pérez Zeledón)

Crédito: Foto facilitada por la Ing. Victoria Arronis, INTA, Región Brunca.

**Cuadro 10.** Resultados biológicos después de dos años de operación de un sistema de pastoreo rotacional intensivo en la finca San Antonio, Ujarrás de Pejibaye, Pérez Zeledón, Costa Rica

Indicador	2015	2016
Carga animal (UA/ha)	1,3	2,0
No. de vientres	79	105
Peso destete en ható de cría (kg)	198	189
Peso destete en ható doble propósito (kg)	156	153

**Cuadro 11.** Resultados económicos de dos años de operación de un sistema de pastoreo rotacional intensivo en la finca San Antonio, Ujarrás de Pejibaye, Pérez Zeledón, Costa Rica

Indicador	2014	2015	2016
Relación beneficio/costo	2,64	4,37	3,62
Rentabilidad (%)	164	337	262
Precio venta carne en pie (¢/kg)	1067	1067	1468
Costo de producción carne en pie (¢/kg)	230	294	757



## Literatura citada

- Bavera, A. 2006. Equivalencias ganaderas (en línea). Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- Betancourt, H; Pezo, D; Cruz, J; Beer, J. 2007. Impacto bioeconómico de la degradación de pasturas en fincas de doble propósito en El Chal, Petén, Guatemala. *Revista Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"* 30 (1):169-175.
- Briske, DD; Derner, JD; Brown, JR; Fuhlendorf, SD; Teague, WR; Havstad, K M; Gillen, RL; Ash, AJ; Williams, WD. 2008. Rotational grazing on rangelands: Reconciliation of perception and experimental evidence. *Rangeland Ecology & Management* 61:3-17.
- Carneiro, S; Fischer, A; Techio, LE. 2015. Ecophysiology of C<sub>4</sub> forage grasses: Understanding plant growth for optimizing their use and management. *Agriculture* 5:598-625.
- Cascante, SA; Harrington, A; Noguera, LC; Villalobos, LA. 2015. Pastoreo bajo el concepto de edad fisiológica en finca La Concordia . In Congreso Nacional Forrajero. (I, Atenas, Costa Rica). Atenas, Costa Rica, MAG/UTN. Consultado jun. 2017. Disponible en <http://proleche.com/recursos/documentos/congreso2016/Poster3.pdf>.
- Da Silva, SC; Carvalho, PC de F. 2005. Foraging behaviour and herbage intake in the favourable tropics/sub-tropics. In International Grassland Congress (20, 2005, Dublin, Ireland). O'Mara, FP; Wilkings, RJ; Mannetje, L 't; Lovett, DK; Rogers, PAM; Boland, TM (eds). *Grassland: a global resource*. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers: 81-95.
- Ferraro, FP; Nave, RL; Sulc, GRM; Barker, D J. 2012. Seasonal variation in the rising plate meter calibration for forage mass. *Agronomy Journal* 104:1-6.
- Fulkerson, WJ; Donaghy, DJ. 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence - key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41:261 - 275.
- Gutiérrez, MA. 1996. Pastos y forrajes en Guatemala: su manejo y utilización, base de la producción animal. Guatemala, Universidad de San Carlos. 318 p.
- Haydock KP; Shaw N H. 1963. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pastures. *Australian Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15:169-171.
- Heide, DM. 1994. Control of flowering and reproduction in temperate grasses. *New Phytologist* 128:347-362.
- Humphreys, LR. 1991. *Tropical pasture utilization*. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press. 220 p.
- Jones, RJ; Sandland, RL. 1974. The relation between animal gain and stocking rate: Derivation of the relation from the results of grazing trials. *The Journal of Agricultural Science* 83:335-342.
- Loch, DS. 1980. Selection of environment and cropping system for tropical grasses seed production. *Tropical Grasslands* 14:159-168.
- Mannetje L. 't.; Haydock KP. 1963. The dry weight rank method for the botanical analysis of pasture. *Journal of the British Grassland Society* 18:268-27.
- Palma, E; Cruz, J. 2010. ¿Cómo elabora un plan de finca de manera sencilla? Turrialba, Costa Rica, CATIE. 56 p. (Serie Materiales de Enseñanza No. 96).

- Petersen, RG; Lucas, HL; Mott, GO. 1965. Relationship between rate of stocking and per animal and per acre performance on pasture. *Agronomy Journal* 57:27-30.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1999. *Sistemas silvopastoriles*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 276 p. (Serie Materiales de Enseñanza No. 44).
- Pezo, D; Romero, F; Ibrahim, M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de carne y leche. In Fernández-Baca, S (ed.). *Avances de la producción de leche y carne en el trópico americano*. Santiago de Chile, FAO p. 47-98.
- Redfearn, DD; Bidwell, TG. 2014. Stocking rate: the key to successful livestock production. Oklahoma, United States of America, Oklahoma State University. 8 p. (Stocking rate: the key to successful livestock production).
- Savory, A; Parsons, SD. 1980. The Savory Grazing Method. *Rangelands* 2:234-237.
- Sorio, H. 2006. *Pastoreo Voisin: Teorías, prácticas, vivencias*. Passo Fundo, Brasil, Ed. Méritos. 240 p.
- Stobbs, TH. 1973. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Australian Journal of Agricultural Research* 24:821-829.
- Villalobos, L. 2007. *Sistemas rotacionales de pastoreo: Criterios comunes para determinar el momento óptimo de cosecha*. *Revista ECAG Informa* 40:43-46.
- Voisin, A. 1962. *Productividad de la Hierba*. Madrid, España, Ed. Tecnos. 499 p.
- Wells, A. 1999. *Integrated parasite management for livestock*. Arkansas, United States of America, University of Arkansas. 9 p.
- Wilson, JR; Ludlow, MM. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. In Shelton, HM; Stur, WW (eds.). *Forages for plantation crops*. (1990, Bali, Indonesia). Canberra, Australia. p. 10-24. (ACIAR Proceedings No. 32).



Anexo 1

## Estimación de la disponibilidad de forraje usando el método del rendimiento comparativo

El Método del rendimiento comparativo (Haydock y Shaw 1963), para estimar la disponibilidad de forraje en potreros manejados bajo pastoreo, forma parte de un paquete metodológico llamado BOTANAL, el cual incluye además el Método de rango de peso seco (Mannetje L. t. y Haydock 1963), para la estimación de la composición botánica. La estimación de la disponibilidad de forraje puede ayudar a definir cuántos animales pueden ingresar a una pastura y por cuánto tiempo, considerando el nivel de asignación de forraje por animal o por unidad de peso.

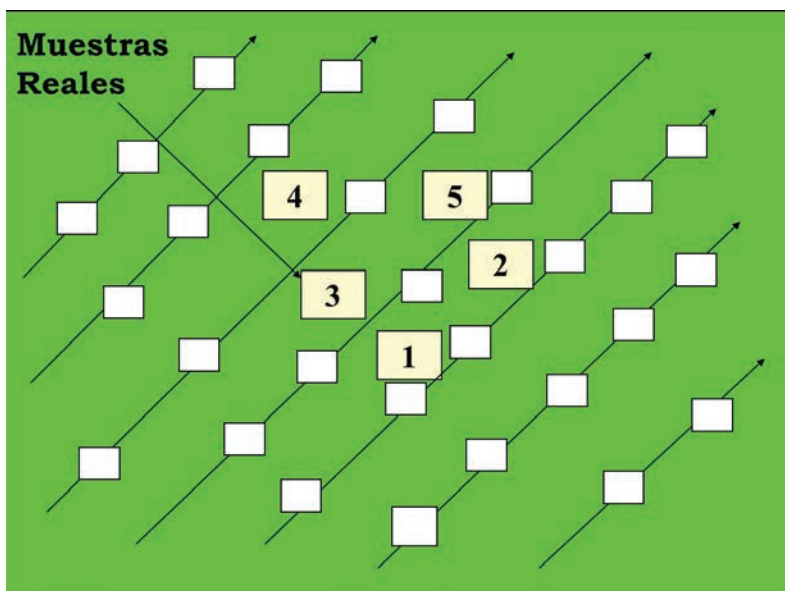
Es un método práctico pues se basa en unas pocas mediciones directas de muestras pequeñas cortadas dentro del potrero, acompañadas de muchas estimaciones visuales, por lo que se conoce como Método de Doble Muestreo. Las estimaciones en fresco no son mayor problema, pues sólo se requieren unos marcos, machete o tijeras para cortar el forraje y una balanza con aproximación de un gramo. El problema es que las estimaciones en fresco tienen limitaciones por las variaciones en el contenido de humedad del forraje debidas a las especies, edad de rebrote, época del año y hora del día a la que se realiza el muestreo, entre otros factores. En el caso de estimaciones en base seca es necesario secar el forraje de las muestras en un horno -lo cual tarda, al menos, de 48 a 72 horas a 60°C-; también es necesaria una balanza con aproximación de 0,1 gramos. Esto obviamente limita su uso práctico pues se busca que esas mediciones se hagan poco antes del ingreso de los animales, y si se tiene que esperar de 2 a 3 días para obtener el peso seco, la disponibilidad de forraje estimada en ese momento se va a subestimar, pues en esos 2 ó 3 días el pasto ha seguido creciendo.

### Pasos a seguir para estimar la disponibilidad de forraje

1. Delimitar el área en la que se van a efectuar las mediciones. Si bien para propósitos de la estimación de disponibilidad de forraje en un potrero se conocen sus límites, hay que tratar de evitar los efectos de borde por cercas vivas y/o postes muertos, en particular porque muchas veces los animales ejercen más pisoteo en esas áreas. Por lo menos evite incluir esas áreas al momento de elegir los puntos de referencia de la escala, que son aquellos donde se efectuarán los cortes de forraje.

2. Hacer un recorrido del potrero para observar la distribución del forraje en toda la pastura teniendo en cuenta los atributos: i. Altura; ii. Densidad; iii. Vigor; y iv. Variaciones en composición de especies, pues todas ellas van a incidir sobre la disponibilidad.
3. Anotar las variaciones en la disponibilidad y composición considerando: i. Topografía del terreno; ii. Pedregosidad; iii. Drenaje; iv. Sombra de árboles; v. Sitios donde descansa el ganado; y vi. Presencia de bebederos o saladeros.
4. Una vez que haya observado las variaciones en la producción y composición botánica de la pastura, seleccionar puntos representativos de disponibilidad como para establecer una escala de 1 a 5, donde 1 representa la menor disponibilidad de forraje y 5 la mayor. Estos van a constituir las llamadas “muestras reales” (MR) que serán cortadas y pesadas para usarlas como referencia en la estimación de disponibilidad de forraje en la pastura. Para la selección de los cinco puntos, hay que identificar primero los extremos (1 y 5), luego buscar un punto representativo de un valor intermedio que sería el nivel 3. A continuación se buscan puntos representativos de valores intermedios entre 1 y 3 y 3 y 5, que serán los puntos 2 y 4, respectivamente. De ser posible, tratar de replicar los puntos seleccionados al menos una vez.
5. Cuando se hace la selección de los puntos para las muestras reales (MR), se debe asegurar que los mismos sean representativos, pues puede ocurrir que al seleccionar los extremos se busquen puntos atípicos que sólo se presentan una vez en toda el área bajo evaluación.
6. En cada uno de los puntos de referencia seleccionados debe colocarse un marco, el cual con frecuencia es de 0,5 x 0,5 m para las especies de crecimiento rastrero; pero pueden usarse otras dimensiones, en especial cuando se trabaja con pastos de crecimiento erecto. Coloque alguna señal que ayude a identificar dónde están esos puntos de referencia, pues con alguna frecuencia tendrá que regresar cuando tenga dudas para tomarlas como referencia para la calificación de las muestras visuales (MV).
7. Una vez que se han establecido las escalas (1-5) para las muestras reales (MR), el evaluador debe revisarlas para establecer esa escala en su memoria, pues luego de eso va a seleccionar de 60 a 120 muestras visuales (MV) por hectárea.<sup>17</sup> Estas se evaluarán de acuerdo a la misma escala establecida para las MR. La información se registra para estimar la disponibilidad de forraje en el potrero. La selección de las MV puede ser completamente al azar, con recorridos no preestablecidos o de manera sistemática tal como se ilustra en la Figura 1A.
8. Cuando se termina la toma de MV, se procede a cortar las MR (escala 1 al 5) a una altura de 10-20 cm del suelo para las especies erectas y de 5 cm para especies de crecimiento rastrero.
9. Las muestras reales se pesan separadamente, y de cada una de ellas se toma una submuestra la cual se pesa en fresco y luego se seca al horno a 65°C durante 72 horas, para obtener el peso seco y así estimar el porcentaje de materia seca (% MS), el cual se usa para estimar el peso seco de cada muestra real. Para propósitos prácticos, se puede preparar una submuestra compuesta por las cinco MR y con ella hacer la determinación del % MS, el cual se usará para estimar el peso seco de las cinco MR.

<sup>17</sup> En potreros manejados con intensidad alta, quizás haya menor variabilidad por lo que puede funcionar la guía de 60 muestras por potrero, o de 60 por hectárea en potreros más grandes.



**Figura 1A.** Ejemplo de ubicación de muestras reales y visuales seleccionadas sistemáticamente usando transectos para la estimación de forraje en potreros

10. Con los datos obtenidos para las MR se corre un análisis de regresión lineal de la producción de MS (Y) en función de la escala de MR (X)<sup>18</sup>.

$$Y = a + bX$$

Donde:

Y = Disponibilidad de forraje estimada (g/0,25 m<sup>2</sup>)<sup>19</sup>

a = Intercepto

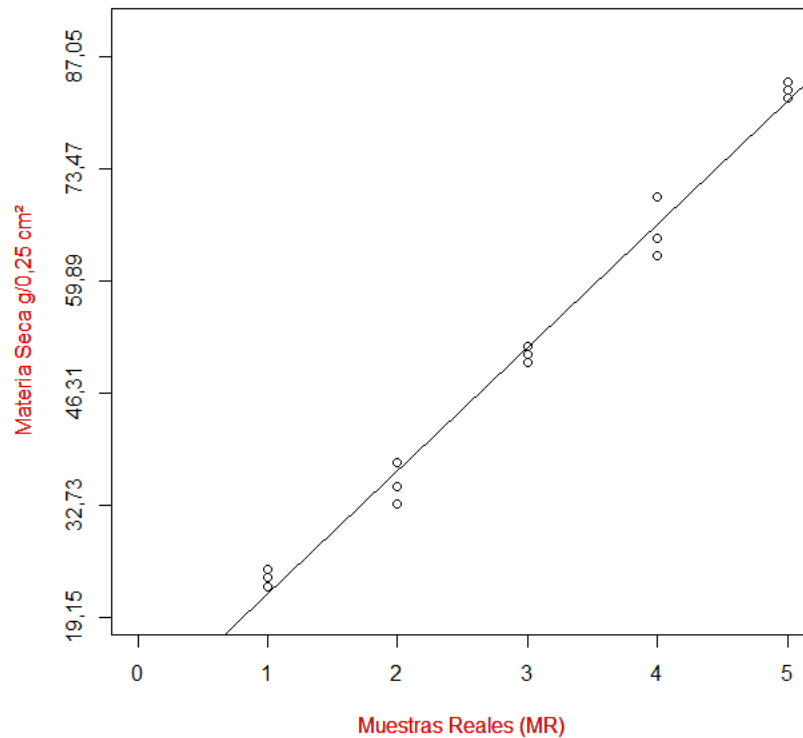
b = Coeficiente de regresión, incremento en producción de MS por cada unidad de aumento en la escala (1 a 5)

X = Valor promedio de las MV

En la Figura 2A se presenta la regresión obtenida con los datos de tres observaciones por MR. La ecuación obtenida al correr los datos fue:  $Y = 51,87 + 14,87 X$

<sup>18</sup> La forma de cálculo de la ecuación de regresión se describe en diferentes textos de estadística, pero también está disponible en el paquete Excel

<sup>19</sup> Asumiendo que se usó un marco de 0,5 x 0,5 m



**Figura 2A.** Regresión entre escala de MR y sus respectivos pesos secos

11. Con las muestras visuales se obtiene un promedio considerando la frecuencia de observaciones por cada nivel de la escala de MR

$$\text{Promedio} = \frac{1 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2 + \dots + 5 \cdot f_5}{\sum f_i}$$

Donde:

$f_i$  = Número de observaciones para el nivel de MR "i"

Suponga que los valores obtenidos para las MV fueron: 4 de MR1, 9 de MR2, 9 de MR3, 10 de MR4 y 8 de MR5

$$\text{El promedio será: } (4 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 9 \cdot 3 + 10 \cdot 4 + 8 \cdot 5) / 40 = 3275$$

12. Con base en esos datos, el estimado de disponibilidad de biomasa seco por muestra de 0,25 m<sup>2</sup> usando la ecuación de regresión será:

$$Y = 51,87 + 14,87(3275 - 3) = 55,96 \text{ g MS/0,25 m}^2$$

13. Para estimar la disponibilidad por hectárea

$$\text{Factor de conversión} = 1 \text{ g} \times (1 \text{ kg}/1000 \text{ g}) \times (10.000 \text{ m}^2/0,25 \text{ m}^2) = 40$$

$$\text{Disponibilidad (kg/ha)} = \text{Peso en } 0,25\text{m}^2 \times 40$$

$$\text{Disponibilidad (kg/ha)} = (55,96 \times 40) = 2238,37 \text{ kg/ha}$$

14. Para estimar la disponibilidad por potrero sólo se necesita el área del potrero en hectáreas. Si el área fuera de 0,4 ha, entonces la disponibilidad será:

$$= 2238,37 * 0,4 = 895 \text{ kg por potrero de } 0,4 \text{ ha}$$

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).



ISBN: 978-9977-57-692-3

