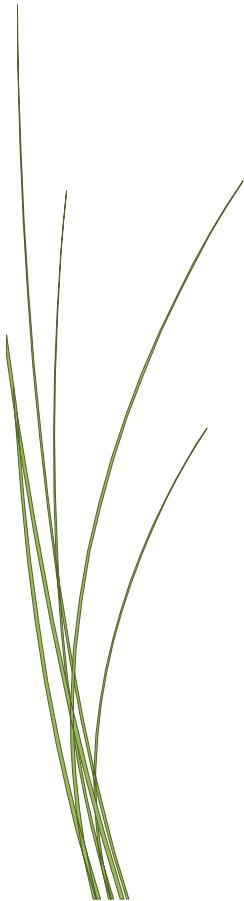


Mayo 2017

# Modelos Pastoriles (en revisión)



V. Alejandro Deregibus

CONTENIDOS	Página
<u>Argentina, un país con vocación pastoril</u>	
No todo reluce	
Los ambientes pastoriles deben ser utilizados con ingenio	
1. <u>Ecosistemas Pastoriles</u>	
Percepción de un funcionamiento	
Al transcurrir el tiempo, el sistema transita	
Flujos de energía	
Circulación de nutrientes	
Partición del agua	
Modelando el Sistema	
Manejando el Sistema	
Tarea de Ingenieros Pastoriles	
2. <u>Disturbios y Tiempos Pastoriles</u>	
Eventos Perturbadores	
Periodos de re-organización	
El tiempo y la historia	
Herramientas para corregir la invasión de malezas y leñosas	
Secuencia de Disturbios y Descansos	
3. <u>Heterogeneidades Pastoriles</u>	
Poblaciones Forrajeras: Su agrupamiento funcional	
Comunidades Forrajeras: integración de poblaciones específicas	

## 2..

Diversidad y sucesión	
Procurando alta diversidad	
Identificación de heterogeneidades	
4. <a href="#">La Planta Forrajera</a>	
Evasión y tolerancia	
Estructura modular	
Percepción y movimiento	
Fisiología del rebrote	
Compensación de los efectos de la defoliación	
Mutua cooperación	
5. <a href="#">Herbívoros en Pastoreo</a>	
Indicios de co-evolución	
La fermentación microbiana de los forrajes	
Productos de la fermentación y desórdenes en el rumen	
Diferencias morfológicas que hacen a la selección de la dieta	
Los herbívoros. Individuos sabios y adaptables	
El metabolismo de los herbívoros	
Impacto de los herbívoros	

## Argentina, un país con vocación pastoril



Dos tercios del territorio nacional tienen destino pastoril. Son casi 200 millones de hectáreas que rodean la Región Pampeana o constituyen subregiones y pasturas cultivadas en la misma. Conformando los más diversos paisajes y sobre la que influyen climas variados, la vocación pastoril de este vasto territorio surge de la vegetación herbácea que compone el único estrato en praderas y en estepas gramíneas o, el estrato más bajo en estepas arbustivas, sabanas o parques, bosques abiertos, pajonales, etc. Una variada riqueza ambiental-pastoril se extiende por los bosques abiertos del

## 4..

Chaco árido y semiárido; el semi-desierto Patagónico; los montes de jarilla y algarrobo que unen dichas regiones desde el pie de los Andes hasta el Océano Atlántico; los bosques abiertos y sabanas de *Prosopis sp* (caldén, algarrobo, espinillo, ñandubay) que circunvalan la pradera pampeana; las cañadas, esteros y bañados y otras situaciones inundables en el húmedo sub-trópico; los alfalfares del sur de Sta. Fe, Córdoba y N de Bs. As; las pasturas de festuca y tréboles bonaerenses, los finos pastizales de la Pampa Deprimida o las serranías de Tandil y Ventana. Sobre ellas pastan aproximadamente 50 millones de bovinos, 10 millones de ovinos, 4 millones de caprinos y 2 millones de equinos, multitudinario y diligente ejército de herbívoros que transforma, en productos animales de valor económico, una parte de las 303 millones de toneladas de biomasa herbácea que producen anualmente los ambientes pastoriles (<http://produccionforrajes.org.ar/wp-content/uploads/2012/07/Etapa-2-Informe-Final-Marzo-2013.pdf>).

A diferencia de las abundancias metalíferas halladas en México o Perú, en la Región del Plata no existían riquezas para satisfacer la avidez de los conquistadores españoles. Los primeros bienes exportables de la Región se generaron sobre estos ecosistemas con vocación pastoril (équidos para las minas de Chuquisaca en el Alto Perú, carnes saladas para esclavos y soldados de otras latitudes, cueros para industrializar). Posteriormente, la lana y las carnes enfriadas y cocidas justificaron inversiones en infraestructura y generaron riquezas proverbiales (*la vaca atada*) sobre un territorio de donde fueron expulsados los indios. Oleadas de inmigrantes desarrollaron la agricultura a fines del siglo XIX, reemplazando grandes superficies de estepas gramíneas y generando importantes

excedentes exportables de cereales y oleaginosas. Los ambientes pastoriles que restan están en amplias regiones donde es restringida la implantación de cultivos, por razones climáticas (semi-aridez o posibles inundaciones, extrema variabilidad de las precipitaciones) o económicas (distancia a mercados).

Botánicos aventureros han descripto con detalle las floras y fisonomías de nuestras Regiones Pastoriles; diligentes ecólogos han determinado el funcionamiento de estos ecosistemas; dedicados especialistas en genética vegetal, eco-fisiología forrajera y fertilidad edáfica han desarrollado tecnologías para cultivar especies de alta calidad forrajera en pasturas o verdeos anuales; un sinnúmero de genetistas, nutricionistas y sanitaristas animales han descripto la forma de mejorar las razas de ganado, conformar los rodeos y mantener sano el ganado. El INTA, otras instituciones nacionales/provinciales y, capacitados profesionales resuelven problemas cotidianos y extienden tecnologías a los productores ganaderos; revistas especializadas y programas televisivos difunden prácticas productivas destacables; la industria nacional provee maquinarias, raciones suplementarias, fertilizantes, herbicidas y productos veterinarios; existen transportes, mercados y plantas procesadoras que canalizan y comercializan los más diversos productos pecuarios. Puede estimarse que la actividad pastoril-ganadera en nuestro país justifica un 5% del PBI nacional y 8% del valor exportado, con un importante efecto multiplicador.

## 6..

### No todo reluce

Semejante fuerza económico-productiva no ha progresado durante las últimas décadas. Los indicadores publicados por el Observatorio de la [Cadena](#) Bovina Argentina en su primer informe (2012) muestran que:

- ♣ A partir del año 1978 hay un estancamiento en el stock bovino.
- ♣ Desde 1950
  - ♣ se ha mantenido constante la producción neta de carne por cabeza de stock.
  - ♣ la cantidad de terneros producidos por vaca ha oscilado ligeramente por debajo de 0,6 (en la peri-pampa) o por encima de 0,7 (en la pampa).
- ♣ En los últimos 20 años la tasa de extracción se ha mantenido estable, con un valor promedio de 24,6% (siendo en el NEA del 6%).
- ♣ En la última década se observa una reducción significativa en el tiempo medio de engorde de novillitos y novillos (gracias al racionamiento con maíz).

El desplazamiento de la actividad ganadera hacia zonas menos productivas del país no explica dicho estancamiento. Estimando que pueden consumir un tercio de lo producido, habría disponible 101 millones de toneladas de forrajimasa, alcanzando para mantener 45 millones de unidades ganaderas en un año, pero solo satisface un 60% de lo requerido para producir plenamente. En los meses más cálidos, los animales satisfacen plenamente sus requerimientos para producir, pasando hambre o perdiendo peso en invierno. A ello se suma la

reducción en el consumo de los forrajes por insuficiente contenido de nitrógeno (N), deficiencias minerales por regiones que no son plenamente corregidas (P en Corrientes, E. Ríos y la Pampa Deprimida), inadecuada distribución de los animales en enormes potreros, esporádicas insuficiencias del agua de bebida y, la acentuada variabilidad climática que ocurre en ambientes semi-áridos y áridos. Los animales flacos que solemos ver al final de los inviernos y las mortandades animales que se registran con alarmante frecuencia, son fruto de la insuficiencia de forraje para alimentar el stock ganadero nacional. Hace décadas que el stock ganadero ha llegado a su techo, limitado por la disponibilidad de forrajes. Sabiendo esto, calificaremos como *no positivos* los anuncios de un incremento en el stock ganadero (reiterado cada tanto por autoridades que creen comunicar una buena noticia).

Se compensa con maíz los errores pastoriles/nutricionales que cometen la mayoría de los ganaderos. Maíz para los terneros destetados anticipadamente, maíz para las recrias que no desarrollaron bien durante el invierno, maíz para las vacas lecheras, maíz para el engorde final de los novillos. Gracias a la energía en cápsulas que producen *los gringos*, los ganaderos aumentan la eficiencia productiva de su ganado, evolutivamente apto para consumir forrajes de menor calidad. Dando maíz a las vacas, que lo fermentan y no lo digieren, se pierde eficiencia de conversión y se daña su organismo. Y, se afecta la salud de los consumidores, por aumentar los factores pro-colesterol en las grasas del ganado alimentado con maíz.

## 8..

La ganadería fue responsable del 22 % del total de emisiones GEI del país en el año 2000, como consecuencia de la emisión de metano por la fermentación entérica (dos tercios) y la emisión debida al nitrógeno orinado por los animales (un tercio). Es mayor la volatilización y lixiviación del nitrógeno contenido en las heces y la orina cuando el ganado está en confinamiento. La comunidad internacional aceptaría mejor la contaminación causada por la ganadería argentina a la atmósfera si el sistema productivo fuese más eficiente. Asimismo, nos aplaudiría, si con un adecuado manejo de nuestros ambientes pastoriles contribuyésemos a bombear nitrógeno y carbono dentro de nuestros suelos.

La explotación de las regiones pastoriles durante dos siglos no ha sido gratuita, ya que ha perjudicado la estructura y el funcionamiento de inmensos y variados ecosistemas. A grandes rasgos ocurrieron:

- ♣ Severas disminuciones (o desapariciones) de especies deseadas, por su mayor calidad forrajera (leguminosas) o por vegetar en periodos en que aumenta la presión de pastoreo (pastos de crecimiento invernal).
- ♣ Aumento en la densidad de especies arbóreas o pajas que hoy reducen e impiden el acceso a los forrajes.
- ♣ Denudaciones en la superficie del suelo que han provocado severas erosiones hídricas y/o eólicas en sitios localizados.
- ♣ Disminución en la infiltración del agua de lluvia en suelos limosos por acumulación superficial de sustancias orgánicas que repelen el agua (producto de incendios) o taponamiento de los macroporos al ingresar partículas finas liberadas en la superficie. Esto suele coincidir con ascensos de sales, por capilaridad.

- ♣ Movilización de nutrientes (Ca, Mg, P) de los lugares pastoreados a los lugares de reunión del ganado (aguadas, áreas protegidas del sol o del viento, playas de espera pre-ordeño) lo que reduce la fertilidad de los suelos donde crecen los pastos. A esto debe agregarse la antes mencionada volatilización de N a partir de las orinas del ganado. Su resultado es el progresivo aumento de pastos C<sub>4</sub> (menos exigentes en N) y la reducción del contenido de N de la biomasa herbácea, en la totalidad de los ambientes pastoriles.

Las modificaciones enumeradas han sido tan sutiles que biólogos y agrónomos discuten si existían árboles donde hoy los hay; algunos ganaderos sugieren que las disminuciones en producción secundaria son consecuencia de menores lluvias (cuando en realidad ocurre lo contrario); los técnicos dudan sobre la posibilidad de recomponer densidades de especies herbáceas deseables o de aumentar la productividad primaria dinamizando el funcionamiento de estos ecosistemas.

Los deterioros de ambientes pastoriles han sido comunicados en congresos científicos durante décadas, proponiéndose la reducción de la carga animal como única acción de mitigación. Son contadas las publicaciones científicas que muestren recuperación de la condición en grandes superficies pastoriles, fruto de manejos acertados. Promociones comerciales de manejos pastoriles generan altas expectativas, siendo escasa la validación científica de sus logros.

# 10..

## Los ambientes pastoriles deben ser utilizados con ingenio

Es inmensa la fuerza movilizadora de los forrajes. Basta visualizar las masivas migraciones anuales del millón y medio de ñu y doscientas mil cebras, en su búsqueda de los lozanos forrajes que proveen las planicies del Serengeti, en África. Recorren durante meses miles de kilómetros, atravesando diversos territorios, cruzan ríos pese al ataque de cocodrilos, paren y mueren en el camino (10%). Los forrajes son vectores cuya importancia económica surge de lo producido por los herbívoros que los aprovechan. Así como los forrajes deben ser consumidos para que se genere riqueza, los ambientes pastoriles requieren ser disturbados para mantener su lozanía.

La real problemática reside en la forma en que se *utilizan los ambientes pastoriles*. Salvando excepciones, que afortunadamente existen, los ganaderos NO utilizan correctamente los forrajes. Recorren las praderas a 50 km/h, visualizando la condición corporal del ganado (el mensajero), sin entender el mensaje que envían los recursos forrajeros. Detentan muchísimo ganado, pero ignoran cómo funcionan y se atienden ambientes pastoriles. Tampoco las autoridades y muchísimos técnicos universitarios comprenden la necesidad de utilizar correctamente los sistemas pastoriles, fuente de los forrajes, alimento del ganado, que cubren dos tercios del territorio nacional. No hay proyectos para proteger y potenciar el funcionamiento de los recursos forrajeros, promoviendo buenas prácticas pastoriles, procurando bienes, ocupando territorios, manteniendo culturas, estableciendo nuestra soberanía. Pocos

reconocen que los ambientes pastoriles en Argentina son únicos, por su extensión y productividad; por su flora y su fauna; por sus posibilidades de nutrir a millones de herbívoros domésticos y generar una economía que de trabajo y productos exportables, que ocupe un inmenso territorio, que mantenga viva culturas *gauchescas*.

De las 200 millones de hectáreas cubiertas por ambientes pastoriles en la República Argentina, los decisores valoran la pradera pampeana y consideran marginal lo peri-pampeano, ignorando el hecho que una correcta utilización de los ambientes pastoriles podría desatar potencialidades insospechadas. Un ejemplo de la potencialidad de estos ambientes es que, para reducir el proceso de arbustificación en áreas boscosas, se justifica técnicamente la presencia de una cabra por hectárea. ¿Podrían los decisores imaginar el impacto laboral, comercial y ambiental que 100 millones de cabras tendrían en nuestro país? El costo forrajero de alimentar 100 millones de cabras sería nulo, porque los brotes y ramilletes de hojas que consumirían ya se producen en los arbustos. No se trata de una fantasía (que es volar en el aire sin nada, como un juego fatuo, como una luz que se quema en sí misma), es la imaginación, que se apoya en la realidad y procura transformarla.

Tanto las excelencias como las deficiencias de los ambientes pastoriles pueden ser potenciadas o mitigadas con manejos adecuados. Ello ocurrirá cuando transiten por esos territorios, *Ingenieros Pastoriles* técnicamente capacitados en el manejo de estos ecosistemas. Ingenieros pastoriles que entiendan su naturaleza

## 12..

caótica y sepan organizar su funcionamiento, implementando disturbios y permitiendo recuperaciones. Ingenieros pastoriles que sepan complementar las dietas de los herbívoros para satisfacer todos los requerimientos nutricionales. Ingenieros pastoriles que caminen las praderas visualizando sus heterogeneidades, la presencia de determinadas especies, los signos de erosión, el comportamiento pastoril del ganado. Ingenieros Que analicen a conciencia lo que observan y lo relacionen con lo que conocen para diagnosticar correctamente y decidir manejos creativos. Ingenieros pastoriles que consulten, estudien y aprecien la extraordinaria armonía funcional de estos ambientes pastoriles. Ingenieros pastoriles *viriles* que impongan perturbaciones a especies dominantes y que, con *delicadeza femenina* arropen las plántulas que emergen o a animales lactantes. Ingenieros pastoriles sensibles a lo que la naturaleza les comunica.

El método científico miniaturiza los sistemas, aislando relaciones de causa- efecto, para evitar confundirse en la búsqueda del conocimiento. Los conocimientos generados son transmitidos aisladamente, engarzados por áreas, separados de un todo. Esto no se condice con la utilización de los forrajes y el manejo de los ambientes pastoriles, donde los procesos hacen a un todo que supera a la suma de las partes (*holismo*). Accionar sobre los ambientes pastoriles comprende la manipulación conjunta de la estructura aérea de la vegetación; la distribución de los rodeos de herbívoros; el mantenimiento de la porosidad superficial del suelo; el acrecentamiento virtuoso de la fertilidad. No deben existir visiones separadas y son los ingenieros pastoriles quienes deben integrar el todo, en función de los procesos que van ocurriendo en estos

ecosistemas al transcurrir las estaciones y los años, para decidir acciones procurando producir y conservar, armonizar y dinamizar. Orientar manejos pastoriles es similar a componer una obra pictórica o musical, crear una empresa de la nada, diseñar un producto originalísimo, cruzar montañas con un ejército o, variar el rumbo de un proyectil en el espacio. Requiere aguda observación, amplio análisis de la situación, diagnóstico acertado, planteo de soluciones creativas, proyectos ingeniosos y atrevidos, correcta evaluación ambiental y económica, efectiva implementación profesional, monitoreo periódico de logros y, posterior corrección de tendencias. Muchos creen que la labor de un pastor se limita a permanecer a la sombra, contemplando el hato de animales y haciendo sonar una flauta de cañas. Por el contrario, es una actividad demandante, interesante, creativa, apasionante para quien guste de ella. Un ejemplo de ello son los sorprendentes resultados logrados por pastores que hoy día conducen hatos de ovejas o cabras sobre pasturas arbustificadas y muy diversas en los Pirineos franceses. Conociendo perfectamente el terreno, capaces de detectar hasta seis manchones distintos en cada hectárea, los pastores franceses inician los *circuitos de pastoreos diarios* apacentando los animales en un manchón con abundante forraje de mediana calidad, procurando moderar su apetito (*como la ensalada inicial ofrecida en los restaurants de EEUU o Francia*). Luego, los pasan a manchones con mediana abundancia y palatabilidad de forraje (que será el objetivo forrajero del día, o *plato del día*), desarrollando una estrategia para mantener alta la tasa de ingestión. Cada vez que ella decae, re-estimulan el apetito de los animales pasándolos a manchones con baja abundancia de forraje muy apetecible (*bocadillos*). Para finalizar el circuito, brindan a los

# 14..

animales un *postre* con mucho forraje palatable disponible. Estimulando permanentemente la ingesta mediante cambios de manchones cada 20-30 minutos, logran duplicar los consumos predecibles por modelos de referencia. *Chapeau para los pastores franceses!*

El cúmulo de conocimientos que se genera actualmente y la rapidez con que se adquiere información, determina que la tradición y sabiduría vayan perdiendo validez. El pastoralismo nómada colapsa con las limitaciones geográficas que le son impuestas (cercos, caminos) y las atracciones de la vida urbana. Sin embargo, este servicio continúa siendo ideal para ambientes pastoriles públicos (*permisos de pastoreo*) y, en muchos lugares, se transporta a los animales en camiones de las invernadas a las veranadas. En la estepa desértica de Utah (EEUU) hay pastores que arrear ovejas por circuitos preestablecidos volviendo cada dos años al lugar inicial. El pastor (usualmente un vasco importado) cuenta con un camión con tanque aguatero, que arrastra una casilla que le sirve de alojamiento y un tercer acoplado donde transporta perros, caballos y un cerco portátil (con el cual encierra las ovejas todas las noches).

Utilizando como base esta sabiduría y experiencia, se pueden realizar adaptaciones para ambientes pastoriles cercados, en tierras privadas. Consistiría en establecer circuitos de pastoreo para rodeos numerosos, que realicen ocupaciones esporádicas, defoliando poco o muy intensamente la vegetación (según resultara conveniente), bosteen, pisoteen, orinen, consuman lo que les gusta y también, que incorporen a su dieta lo que no les gusta (mezclando lo mejor con el

resto). Largos periodos de descanso aseguran el restablecimiento del vigor de las plantas, el crecimiento y profundización de sus raíces, la acumulación de mantillo, una disminución en la densidad aparente del suelo y muchos otros beneficios para el ecosistema pastoril. Una herramienta de tamaño poder debe ser orientada por ingenieros pastoriles, quienes dispondrán la utilización adecuada de diversos instrumentos (animales, descansos, especies forrajeras, agua, sol y lluvia) y ejecutarán lo compuesto para que suene con armonía. Prescribir disturbios en momentos oportunos, distribuir animales utilizándolos como cosechadores, secuenciar descansos de recuperación, permitir el establecimiento y vigorización de especies deseadas, asignar la oferta de forraje, logrando que todo funcione armónicamente, resulta fácil cuando uno sabe y quiere lo que hace. La dificultad está para quien carece de conocimientos pastoriles, no para los ingenieros pastoriles que aman su profesión.

*Muchísimos ingenieros pastoriles podrán desarrollar su actividad profesional, utilizando múltiples conocimientos recibidos durante la carrera universitaria para componer manejos productivos, que sean ambiental, social y económicamente virtuosos. Los futuros ingenieros pastoriles, que ya han adquirido conocimientos sobre producción y utilización de los forrajes, bucearán en procura de mayores conocimientos para perfeccionar el manejo de los sistemas pastoriles y nunca quedarán satisfechos. Quienes sigan tal línea profesional, deberán actuar con sutileza, asumir desafíos con coraje y desenfado, ser irreverentes a axiomas de producción pre-establecidos, procurar exuberancia y desmesura.*

16..



## Capítulo 1. Ecosistemas Pastoriles



Quienes recorren ambientes pastoriles pueden observar la cobertura vegetal (hierbas, pastos, arbustos) sobre la cual transitan caballos, vacas y ovejas y percibir colores, olores y sonidos. Los más románticos interpretarán que se trata de paisajes bucólicos donde viven y procrean herbívoros, que satisfacen sus requerimientos pastoreando. Los más pragmáticos, entenderán que lo producido por el ganado (carne, leche, lana) puede constituir bienes que satisfacen nuestros requerimientos. Así, el plácido primer escenario se convierte en un ambiente productivo pasible de manipulación, en el cual los pastos serán recursos y los animales los encargados de transformarlos en bienes. Pocos han sido entrenados para apreciar que se trata de un sistema muy complejo, intrincado, donde ocurren señales y flujos

(que no se ven) entre los componentes (que se ven). Y donde, al afectarse alguno de los flujos, señales o componentes, también afecta el resto. Como solo se ve lo que se sabe, en la mayoría de los casos la apreciación de esos ambientes pastoriles es incompleta y, por ello, suelen ser poco acertada su utilización. Un tercer grupo de observadores más ecólogos, sabrán que los ambientes pastoriles constituyen *ecosistemas* donde conviven infinidad de especies, con cierto grado de relación entre ellas y, donde ocurren procesos y flujos de información. Quienes interpretan que los ambientes pastoriles son complejos sistemas, se plantearán el desafío de producir sobre ellos sin afectarlos, dinamizando su funcionamiento, conservándolos complejos, para beneficio de generaciones futuras.

### **Percepción de un funcionamiento:**

La visión eco-sistémica es ilustrada con el dibujo cuasi-infantil de la figura 1.1. En ella, una serie de flechas rodean al pasto y las vacas, esquematizando la existencia de flujos que llegan a y parten de los principales componentes del ecosistema (pasto-vaca) y sugieren muchos procesos fruto de la actividad biológica de infinitos organismos (fauna e insectos). Estos flujos y procesos son tanto o más importantes que los componentes que vemos en el ecosistema (vacas y pastos), ya que hacen a su funcionamiento. Pueden ser resumidos como:

- (i) *flujos de energía (rojo)*, que llega en forma de energía radiante desde el sol, se disipa por el ambiente, es convertida por las plantas verdes en energía química (procesos de fotosíntesis-respiración-crecimiento) y utilizada por los herbívoros (procesos de cosecha-ingestión-fermentación-digestión-

respiración-crecimiento-defecación), fluyendo luego a otros organismos heterótrofos (descomponedores que aprovechan la energía remanente en los restos orgánicos, procesándolos y liberando minerales);

- (ii) *circulación de nutrientes minerales (verde)*, son absorbidos por las plantas en su estado libre, luego acomplejados químicamente en compuestos, membranas y tejidos que organizan la vida, para ser finalmente liberados por el accionar de los descomponedores;
- (iii) *partición del agua (azul)*, que cae a modo de lluvia, permea en el suelo donde se acumula, para ser absorbida y transpirada por las plantas y combinada en las moléculas orgánicas (procesos), permitiendo la vida. O puede perderse, cuando escurre o infiltra profundamente.

Lo que esta figura no muestra, es la interacción de muchísimos organismos existentes (microbios, insectos, pájaros, pequeños mamíferos, etc.) que influyen sobre los flujos y contribuyen a dinamizar los procesos, retroalimentándolos en una

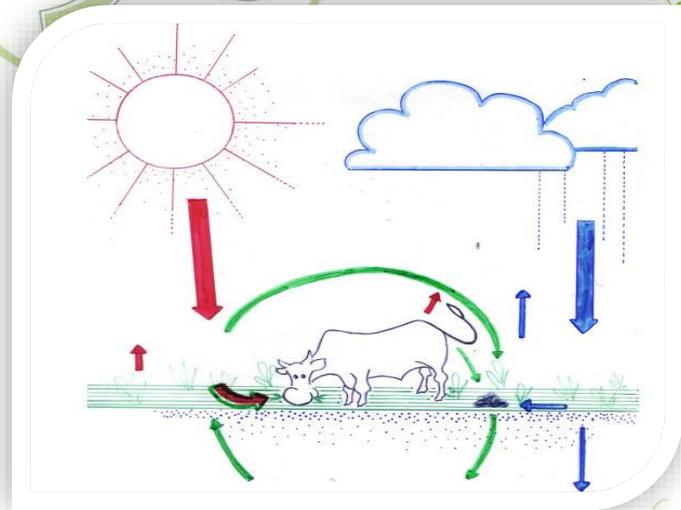


Figura 1.1. Componentes que vemos y los procesos que no vemos en ecosistemas pastoriles. Flujo de energía, circulación de nutrientes, partición del agua de lluvia. (Ilustración de Alejandra Mella).

## 20..

constante superación. Este es el modelo fundacional de [Odum](#) que describe, *en forma a-temporal*, la organización en los ecosistemas como resultante de sutiles relaciones entre todos los organismos que lo componen, que nacen-viven-se multiplican-mueren, generando procesos biológicos que fueron determinados por y son determinantes de flujos de energía y sustancias.

Desde el origen de la vida en la Tierra, los sistemas han evolucionado adquiriendo estructuras y funciones progresivamente más complejas, armónicas, dinámicas y resilientes, describiendo su propia *historia* biológica. Dicha historia, que la naturaleza impulsa hacia la complejidad en forma similar a la evolución del universo, no sigue una trayectoria única ni un cronograma pre-fijado. Es más, al igual que los tiempos musicales, los tiempos biológicos tienen aceleraciones y disminuciones de velocidad, vueltas hacia atrás y re-inicios. Es fundamental que suenen en armonía.

A medida que transcurre el *tiempo* el sistema es sometido a *perturbaciones*, siendo el *caos* generado seguido por un proceso de *reorganización*. La clave de tal proceso la da Ilya [Prigogine](#) (Premio Nobel de Química en 1977) quien destaca que el caos no es desorden, sino que es un tipo de orden y señala a la naturaleza como resultante de una manifestación organizada tras un *caos*. **Prigogine** entiende que, ocurrido el caos natural, la energía y la materia fueron organizando relaciones entre seres vivos (*organismos*), lo que imprimió determinada funcionalidad en los ecosistemas. En el transcurso del tiempo evolutivo, la función ecosistémica ha variado como consecuencia de reiteradas perturbaciones que generaron

situaciones caóticas, afectando la vida de algunos organismos, liberando recursos (energía, nutrientes, agua) y alterando las relaciones existentes, tendiéndose posteriormente a un nuevo orden y la conformación de otro estado. Los bosques son ecosistemas sometidos a mínimas perturbaciones, muy estables, que transcurren el tiempo hacia un climax. Los ecosistemas pastoriles han evolucionado sometidos a perturbaciones frecuentes y diversas (fuego, sequías, inundaciones, defoliación y pisoteo por herbívoros), que los desorganizan, atrasan el reloj. Tras las cuales, el ecosistema pastoril se reorganiza, pudiéndose mover entre diferentes estados sin afectar su estabilidad. Tal es la adaptación de los ecosistemas pastoriles a los disturbios que requieren ser disturbados, periódicamente. ¡La falta de perturbaciones, resulta en un disturbio!

### **Al transcurrir el tiempo, el sistema transita:**

El concepto de periodicidad entre perturbaciones (que son eventos instantáneos) implica el transcurso del tiempo necesario para que los sistemas pastoriles disturbados se re-organicen y las relaciones entre organismos se reorganicen, restableciendo relaciones y utilizando provechosamente los recursos liberados. La frecuencia entre perturbaciones determina el periodo de recuperación. Si las perturbaciones son muy frecuentes y mínimos los intervalos entre ellas, algunas especies pueden desaparecer. Si los intervalos entre perturbaciones son muy prolongados, otros componentes pueden desaparecer. En ambos casos se generan nuevas relaciones que afectan al funcionamiento del ecosistema pastoril que, sin desaparecer, cambia de estado. Ejemplo de ello es como funciona la mezcla simple de festuca (gramínea de altura intermedia) y trébol

## 22..

blanco (cuyo porte es rastrero). Si se evita la defoliación, la festuca crece alta hasta interceptar toda la luz incidente por lo que el trébol sombreado detendrá su crecimiento y puede desaparecer. Si se defolia frecuente e intensamente a la festuca, ésta perderá energía en sucesivos rebrotes y disminuirá su presencia, beneficiándose el trébol blanco. Sólo cuando se perturba intensamente el canopeo con determinada frecuencia y se brindan intervalos de tiempo que permitan la recuperación de las plantas de festuca, conviven ambas especies. Pastoreando el ganado la tercera situación, cosechará una dieta abundante y variada; mientras que, en la primera situación la dieta tendrá menor digestibilidad y contenido de nitrógeno (lo que reducirá la productividad del ganado) y, en la segunda situación, consumirá una dieta excesivamente proteica (lo que puede causarle diarrea).

Debemos entender entonces que, los ecosistemas pastoriles:

- ❖ son entidades complejas, de naturaleza dinámica, que funcionan sujetos a eventos exógenos (clima, disturbios varios o acción del hombre), que ocurren con determinada frecuencia;
- ❖ se deterioran o perfeccionan según sea la secuencia de las perturbaciones, al ser afectando el sutil equilibrio de las relaciones entre organismos, que orientan flujos de variable intensidad e información;
- ❖ pueden, con el transcurrir del tiempo, transitar entre estados, ocupando distintos puntos de atracción;
- ❖ por lo que, se caracterizan por su NO equilibrio (Fig. 1.2).

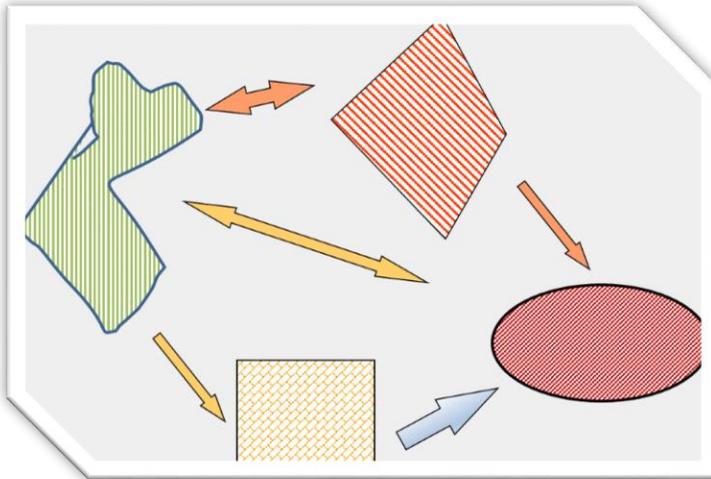


Figura 1.2. Idealización de posibles estados (puntos de equilibrio) y transiciones (trayectorias) en ecosistemas abiertos, dinámicos, NO-estables.

El deterioro de los ecosistemas pastoriles ocurrió porque el hombre (desconociendo cómo funcionan), sumó otras perturbaciones, disminuyendo o eliminando especies (que fueron reemplazadas por otras), afectando relaciones y procesos, superando las fuerzas que confieren estabilidad a determinados estados y, causando su desplazamiento a otros puntos de atracción menos dinámicos o productivos. No debe resignarse a mantener los ecosistemas pastoriles en indeseadas condiciones, sino que, utilizándolos correctamente, debemos aumentar su dinamismo y generar nuevas armonías funcionales. Aplicando con mucho *ingenio* actuales principios ecológicos, sumando energía fósil (fertilizando, incorporando especies), es posible manipular correctamente los deteriorados ecosistemas pastoriles, recomponer su función y dinamizarlos en forma virtuosa, confiriéndoles características deseables, transitándolos de un estado lento a otro más activo. Para utilizar los ecosistemas pastoriles correctamente, debemos reconocer

la necesidad de que funcionen en forma armoniosa, donde los componentes se correspondan y, los procesos y flujos de información concuerden entre ellos.

### **Flujos de energía:**

La energía que llega con la radiación solar se disipa como calor o es captada por las plantas en el proceso fotosintético y convertida en energía química, para después fluir por distintos estratos del ecosistema (Fig. 1.3). Es mínima la cantidad se transforma en energía química y tejido de las plantas verdes (aproximadamente 1% de la radiación total). La energía remanente (99%) es usada en calentamiento y transpiración o es reflejada o re-irradiada otra vez al espacio. Este proceso, tan poco eficiente en sus aspectos productivos, se reduce o detiene completamente cuando ocurren déficits hídricos (sequías estacionales o extraordinarias) o de algún nutriente. La energía química de las plantas pasa a los herbívoros que las pastorean, quienes cosechan del 15 al 50% del forraje producido por encima de la superficie del suelo y generan productos animales con menos del 10% de la energía consumida. La razón de la baja eficiencia en convertir forraje en productos comercializables surge de la escasa digestibilidad del forraje como alimento, ya que las plantas requieren conformar tejidos de sostén, de gruesas paredes celulares, cementadas con lignina. Son los microbios, alojados en distintos sacos de fermentación que tienen los herbívoros (rumen en vacas y ovejas, ciego en los equinos), los únicos capaces de romper las fibras de celulosa y hemi-celulosa. Por tratarse de procesos fermentativos hay pérdidas de energía como gases. También se pierde energía por el calor disipado por los animales.

A las acciones de defoliación, consumo y digestión que realiza el ganado, se suman el pisoteo y las deyecciones, pudiendo convertir un canopeo alto, maduro o senescente en un tapiz vegetal más postrado, denso y activo. También pueden generar espacios que favorecen el establecimiento de plántulas y promover la multiplicación vegetativa, por reducir la altura de los brotes y macollos. Por último, pueden conformar un manto de broza que se oxida o es degradada por insectos y micro-organismos del suelo y prevenir quemaduras periódicas. Lo dicho ilustra la significativa tarea ecológica perpetrada por los herbívoros domésticos en el flujo de la energía en ambientes pastoriles.



Fig. 1.3. Flujo de energía en un sistema pastoril. La simplicidad del modelo y su falta de escala no desmerece su utilidad conceptual.

El forraje producido anualmente en las praderas cultivadas, estepas, bosques abiertos y otros ecosistemas pastoriles de la República Argentina ha sido estimado en casi 300 millones de toneladas de materia seca ([LART](#)). Esta producción, que iguala la biomasa total producida por el sistema granario pampeano, permite intuir la formidable potencialidad de los ambientes pastoriles e imaginar el efecto de reducir mínimamente el derrame de energía descripto. La transformación de tal forrajimasa en bienes transables, destaca el inestimable servicio que presta el accionar de los herbívoros en pastoreo.

## Circulación de nutrientes

Los nutrientes circulan por los sistemas pastoriles por una diversidad de caminos (similar a una red de internet), con ganancias y pérdidas. Las *tasas* de circulación de nutrientes controlan la productividad del sistema en mayor medida que el total acumulado en el suelo. Son las tasas de circulación de los nutrientes las que generan la dinámica de producción de los ecosistemas, dependiendo de diversos procesos que se suman a la riqueza absoluta de cada nutriente (fertilidad). Un claro ejemplo está en el nitrógeno, cuyo *pool* está en la atmósfera y se acumula en la materia orgánica del suelo. Si dicha materia orgánica no es descompuesta por los microorganismos del suelo u oxidada como consecuencia de labranzas o, si el gas  $N_2$  de la atmósfera no es fijado por bacterias (asociadas o no a las leguminosas), hongos y otros microorganismos, la circulación de N por el ecosistema pastoril ocurre lentamente. Eso se da en muchísimos ambientes pastoriles que carecen de leguminosas y es casi inexistente la meso-fauna que remueve la superficie del suelo, por lo cual disminuyen los pastos  $C_3$  de crecimiento invernal (más exigentes en N) y aumentan proporcionalmente los pastos  $C_4$  (con menores requerimientos de N). Tal desplazamiento de unos pastos por otros aumenta la relación C/N del forraje, reduce su digestibilidad, el consumo animal y el ataque de microorganismos, acumulándose una biomasa susceptible a incendios, lo que volatiliza el N contenido. Y, todo eso ocurre existiendo un importante contenido de materia orgánica (4-5%) en el fértil suelo de esos pastizales. Lo descripto ilustra cómo se reducen las tasas de circulación, cuando los agentes dinamizadores van desapareciendo.

Una vez absorbidos por las raíces de las plantas, los nutrientes minerales son combinados en compuestos orgánicos ricos en energía que cumplen diversas funciones metabólicas y, atendiendo a las necesidades de desarrollo de la planta, pueden ser reconvertidos dentro de ellas. El pastoreo puede cambiar los requerimientos nutricionales de las plantas al variar su desarrollo y estructura. Los nutrientes ingeridos y asimilados por los herbívoros, que pasan a componer nuevos y distintos tejidos y moléculas orgánicas, serán aprovechados por otros consumidores, para finalmente acumularse como residuos orgánicos en el suelo hasta su liberación por descomposición microbiana. Las excretas del forraje procesado química y físicamente en el tracto digestivo de los herbívoros, contribuyen a acelerar la circulación de muchos nutrientes, en caso de ser rápidamente incorporadas al suelo por parte de la meso- fauna que habita los horizontes superficiales del suelo. A esta aceleración de la circulación de nutrientes por parte de los

herbívoros, se contrapone la poca uniforme deposición de orina y heces, especialmente en potreros muy grandes (Fig. 1.4). El comportamiento de los ungulados domésticos ha sido señalado como causante de significativas transferencias de

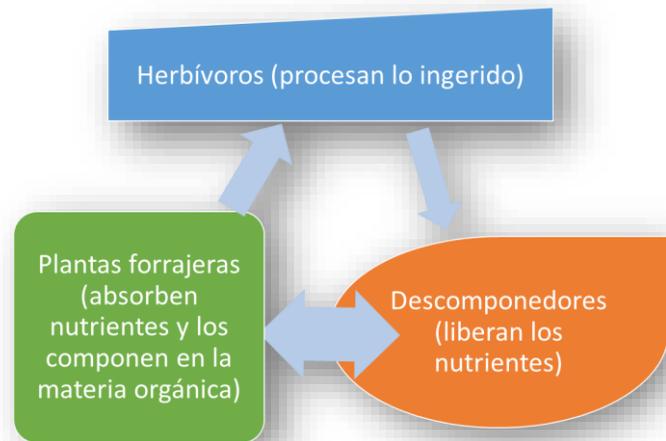


Fig. 1.4. Los herbívoros, que procesan una alta proporción de lo producido por las plantas, dinamizan la circulación de nutrientes al excretarlos húmedos y macerados.

nutrientes porque los excretan lejos de donde los cosecharon. No se trata de salidas del predio productivo (exportación) sino de acarreo de nutrientes de un lugar a otro del predio productivo. En un revelador trabajo realizado sobre pasturas de alfalfa en Trenque Lauquen pastoreadas en parcelas, [Díaz Zorita](#) determinó niveles de fósforo (P) edáfico 30% superiores cuando las parcelas de pastoreo contaban con acceso directo al agua, respecto de otras parcelas sin agua, cuyos animales debían desplazarse por una calle hacia la bebida. En su recorrida a la aguada y por su estadía cerca de la misma, el ganado depositaba mucho P que obtenía en la parcela de pastoreo. ¡El valor de P edáfico en suelos próximos a la aguada, superaba cuatro veces al de las parcelas de procedencia! Es posible imaginar los más que significativos movimientos de nutrientes causados por rodeos de ganado lechero, al migrar diariamente de las pasturas a las playas de espera antes del ordeño o a los pequeños potreros en que transcurren la noche consumiendo silo de maíz.

El procesado de los residuos y otras sustancias sólidas con el suelo es importante en la liberación de nutrientes tanto orgánicos como inorgánicos, al aumentar su solubilidad y consecuentemente su llegada a la rizósfera. Cascarudos coprófagos pueden enterrar y distribuir grandes cantidades de materia orgánica, evitando volatilizaciones y aumentando la solubilidad de los nutrientes. Estudios a campo mostraron aumentos significativos en potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) intercambiable, así como un aumento en el P disponible al pasar por el tracto de lombrices de tierra. Es importante que la broza foliar cubra el suelo, convirtiéndose en un manto protector y una fuente de alimento para vastas poblaciones de insectos del suelo, que puedan

influir fuertemente sobre los ritmos de mineralización de residuos orgánicos.

La mayor parte del nitrógeno (N) y del potasio (K) excretado está en la orina, lo que los hace fácilmente absorbibles por las raíces o lixiviados, perdiéndose en profundidad. En el caso del K se han comunicado beneficios considerables en su circulación y aprovechamiento por utilizar altas cargas de pastoreo. No es ese el caso del N, cuya volatilización como N anhídrido determina significativos egresos del ecosistema pastoril, que superan un 30% del N urinario en ambientes áridos. Numerosos estudios, donde se han contabilizado los ingresos y egresos de N en ecosistemas pastoriles, han comunicado balances negativos de N de no mediar el aporte de fertilizantes o la fijación biológica. Hongos y bacterias capaces de fijar N atmosféricos son quienes mantienen la fertilidad de los ecosistemas pastoriles. Pasturas con buenas densidades de tréboles, alfalfas y otras leguminosas herbáceas fijan anualmente entre 100 y 250 kg de N/ha; mientras que se han comunicado aportes anuales entre 150 y 580 kg de N/ha bajo el área cubierta por parte de árboles del género *Prosopis* (caldenes, algarrobos, etc.) que cubren en densidades variables nuestras estepas arbustivas sub-húmedas y semi-áridas. En los forrajes producidos bajo las copas de Ñandubay, en el centro- sur de Corrientes, se determinaron contenidos superiores en proteína (30%) y en fósforo (40%) que en los forrajes alejados de las copas. La presencia de especies de leguminosas arbóreas, arbustivas y herbáceas contribuye al enriquecimiento del ecosistema pastoril, tanto por la fijación biológica de N como por el bombeo de otros minerales de horizontes edáficos más profundos. No utilizarlas

equivale a resignarse que ocurran notorias reducciones en las tasas de circulación, aumentos en la relación C:N en la biomasa forrajera o una acentuada disminución de pastos de crecimiento invernal, especies más demandantes de N.

### Partición del agua.

Cuando la lluvia cae sobre las praderas, el agua escurre superficialmente o infiltra en el suelo por los macro-poros y queda retenida en los micro-poros. El hecho de interceptar el agua de lluvia, contribuir a generar las condiciones adecuadas para su infiltración en el suelo y bombearla desde las profundidades, destaca a la vegetación como el factor más importante en el ciclo hidrológico del ecosistema pastoril. Las hojas y tallos interceptan las gotas de lluvia y las conducen hacia las coronas de las plantas, beneficiándolas individualmente. Se han registrado intercepciones de plantas de alfalfa equivalentes al 30% de lo llovido durante varios meses de crecimiento. A esto se suma la amortiguación del impacto de la gota caída y el retardo en el escurrimiento realizada por el manto de broza. Una estructura de suelo suelto y friable, favorecida por la acumulación de vegetación y la actividad de lombrices e insectos, mantiene la superficie receptiva a la infiltración. Los macro-poros que dejan al morir raíces que crecieron horadando el perfil del suelo, proveen a una mejor penetración de agua y su acumulación en profundidad (Fig. 1.5).

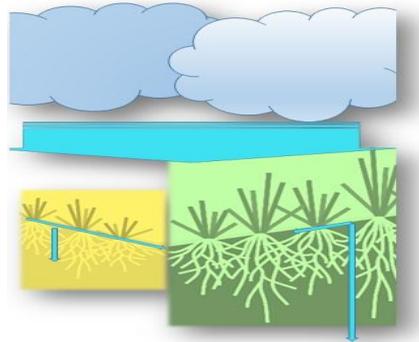


Fig. 1.5. El agua caída escurre mucho más por la pendiente poco cubierta e infiltra menos

Se estima que pueden acumularse más de 300 mm de agua en los primeros cinco metros de profundidad del suelo, constituyendo una reserva de tres millones de litros por hectárea. Las raíces de muchas plantas de especies forrajeras perennes, que alcanzan o sobrepasan esa profundidad (ej. alfalfa), bombearán el agua desde horizontes profundos. Canopeos que transpiren semejante cantidad de agua acumulada pueden sumar unas 2,4 ton de forrajimasa a lo producido por hectárea. Sobre los suelos desnudos se forman costras laminares de arcilla y limo, impermeables al agua, como consecuencia de amplias alternancias en la humectación y temperatura superficial del suelo. Además de ello, las partículas de limo no retenidas por la vegetación o no acomplejadas por la materia orgánica, percolan colmatando los macro-poros y reduciendo aún más su capacidad de infiltración. Al llover, aún en lugares muy áridos, se forman charcos y se producen escorrentías que, arrastrando partículas finas, generan erosión. Además, durante los incendios en pastizales, pueden producirse sustancias orgánicas hidro-repelentes sobre la superficie del suelo, por aumentar extremadamente su temperatura.

Dos ejemplos ilustran como determinadas prácticas de manejo pueden afectar el balance de agua de los ecosistemas pastoriles. Tras diez años de estudio en Oklahoma, EEUU, se comunicó que el promedio anual de escorrentía fue 2,3 veces superior y la cantidad de sedimentos 27 veces mayor en la pastura pastoreada continuamente respecto a otra que era pastoreada alternativamente. Otro dramático ejemplo corresponde a la estepa gramínea-arbustiva del monte, cerca de Puerto Madryn, donde llueven anualmente 200-400mm. La infiltración medida en ensayos con lluvias simuladas fue dos veces y

media superior en el suelo NO degradado, respecto al suelo degradado donde se desarrollaron costras impermeables. La reducción en la infiltración equivale a la que ocurriría si lloviesen 160 mm sobre suelos NO degradado.

Desatender la cobertura del suelo es un lujo que no se justifica ni en Patagonia ni en Regiones con sequías recurrentes o intermitentes. Los ganaderos equivocan la causa de la desertificación al considerar que llueve menos. Los estudios evidencian que se debe a falencias de manejo, al no promoverse la cosecha de agua como principal objetivo para dinamizar el funcionamiento del ecosistema pastoril en regiones sub-húmedas, semiáridas o áridas.

### **Modelando el Sistema**

Lo visto hasta ahora son sólo conceptos, ideas que simplifican la realidad, que ayudan a explicarla, para poder comprenderla. Lo descrito como ecosistema es solo un *modelo conceptual* que representa la realidad. Es imposible conocer en profundidad cómo son las relaciones entre organismos o describir la forma en que influyen determinadas señales de información sobre los múltiples flujos que existen en los ecosistemas pastoriles. Mucho menos lo es pretender certezas en los diversos ecosistemas pastoriles que ocurren a lo ancho y largo del territorio nacional. Se construyen entonces, modelos conceptuales más o menos explícitos, simplificando lo complejo. Se incluye en ellos un conjunto de conceptos, hechos, hipótesis y supuestos sobre la conformación y el funcionamiento de los sistemas con los que se debe tratar.

Un modelo conceptual se construye:

- ♣ simplificando la realidad (que es compleja), para poder pensar sobre ella y comprenderla,
- ♣ componiendo conceptos, hechos, hipótesis y supuestos que existen sólo en las mentes,
- ♣ proponiendo relaciones entre los componentes modelizados,
- ♣ simulando, en forma más o menos explícita, la conformación y el funcionamiento de un sistema.

Luego del proceso de conceptualización, se utilizan los modelos para visualizar, explicar, resolver problemas, predecir resultados de nuestras acciones, sin preocuparnos demasiado sobre su correspondencia a situaciones reales. Debido a que hemos realizado determinadas abstracciones o asunciones para salvar baches del conocimiento, no nos preocupamos sobre la validez o falsedad de los conceptos modelados. Representamos la realidad con imágenes o símbolos, maquetas o esculturas, dibujos o pinturas, simples regresiones o elaboradas fórmulas matemáticas, sofisticados programas digitales. (Fig. 1.6)

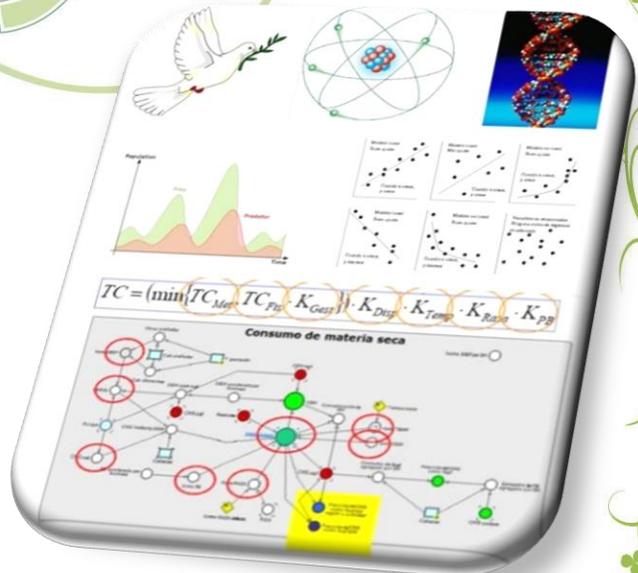


Fig. 1.6. Serie de ilustraciones que modelan la realidad, simplificándola para facilitar su comprensión.

Los modelos conceptuales afectan la percepción de la realidad de toda persona y sus acciones. Frecuentemente, se observa la naturaleza con la ingenua convicción de que los ojos la muestran tal cual es. En realidad, mucho de lo que se ve es simplemente lo que ya se estaba preparado para ver. Ante la posibilidad de que esa percepción pueda ser parcialmente fallida, debemos estar dispuestos a cuestionar y rediseñar los modelos conceptuales que utilizamos en nuestra labor profesional.

### Manejando el Sistema

Por ser los *flujos* son más importantes que los *pooles*, conviene más dinamizar a los primeros que aumentar la magnitud de los segundos. Observando la Fig. 1.3 se puede apreciar la potencialidad de variar, mediante acciones de manejo, el flujo de entrada de energía al sistema de producción herbácea y el flujo de traspaso de biomasa forrajera a los herbívoros. Aumentará la producción de forraje un 15% si se pasa de 180 a 210 los días productivos, hecho perfectamente posible si se capta mejor el agua de lluvia en el suelo o profundizando las raíces con descansos apropiados. También es posible alargar el periodo productivo de siete a diez meses en el NE de la Argentina (43% de aumento), aumentando la densidad de especies  $C_3$  que puedan vegetar templadas con temperaturas más templadas. Asimismo, es posible accionar sobre el flujo de las plantas a los herbívoros, cosechando una mayor proporción del forraje (5 puntos porcentuales más), al integrar dos o más especie de herbívoros en un mismo ambiente pastoril, o transformar mejor la ingesta en producto animal al aumentar la proporción de leguminosas en la pradera (otros 15 puntos porcentuales más). La producción pastoril consistirá en identificar los

*cuellos de botella* que limitan flujos de información o materia, abriendo las llaves que permitan un aceptable fluir de la energía, una dinámica circulación de los nutrientes y mayor infiltración y acumulación del agua llovida. Se deberá percibir la existencia de flujos restringidos al analizar el funcionamiento de cada ambiente pastoril, para actuar en consecuencia.

La compleja realidad pastoril puede ser representada con esquemas simples que describan a un mega- organismo

- ♣ dinámico y en NO- equilibrio,
- ♣ conformado por numerosos organismos vivos y sensibles,
- ♣ cuya actividad orienta flujos y genera procesos que ocurren a tasa diferentes,
- ♣ estableciendo infinitas relaciones de información.

En su complejidad, el modelo conceptual a componer deberá destacar la mayor importancia de los procesos sobre de sus componentes (biomasas y estructuras) brindando elementos para analizar el funcionamiento de estos ecosistemas y diagnosticar sus problemas. Además, permitirá intuir la formidable potencialidad productiva de reducir mínimamente el derrame de energía, dinamizar las tasas de circulación de nutrientes o garantizar una mayor infiltración del agua de lluvia, procurando:

- ♣ captar más radiación, manteniendo un tapiz vegetal activo durante más días al año;
- ♣ aumentar los recursos, cubriendo el suelo para que infiltre más agua y se acelere la tasa de descomposición de la materia orgánica, promoviendo la fijación de N;

# 36..

- ❖ introducir especies forrajeras y especies de herbívoros que forrajeen distinto;
- ❖ aumentar la cosecha de forraje y la eficiencia de producción animal, aportando calidad a los forrajes y asignando correctamente la carga animal;
- ❖ dinamizar la producción primaria y secundaria mediante prácticas de manejo controlado.

Resta mencionar la necesidad de que exista correspondencia entre todos los componentes del ecosistema pastoril y concordancia entre los flujos de procesos e información. Dicho en otras palabras, debe existir total *armonía* en el funcionamiento del ecosistema pastoril.

## **Tarea de Ingenieros Pastoriles**

La dificultad de manejo pastoril surge de la NO-estabilidad de su naturaleza, ocurriendo en forma de pulsos o borbotones en momentos inciertos. Según contextos, lugares y circunstancias, ocurrirán variaciones (pequeñas, medianas o grandes) al detenerse o acelerarse las tasas (un poco, bastante o mucho). El agua acumulada en el suelo no estará siempre disponible, por lo que habrá momentos en que el flujo de transpiración se reduce o se detiene. Los nutrientes no circularán a la misma tasa todo el tiempo, variando la descomposición de la materia orgánica en función de la humedad y temperatura del suelo; la solubilidad de las sales podrá aumentar en ambientes reducidos (anegamiento) o fijarse en ambientes oxidados y, la densidad y actividad de las leguminosas determinará el nitrógeno disponible. También variará:

- ♣ el contenido de agua o fibra en las hierbas, afectando el consumo de los forrajes y la eficiencia de aprovechamiento de la dieta ingerida;
- ♣ la vegetación estacional de ciertas hierbas y arbustos con taninos que permitirá la auto-medicación de los herbívoros;
- ♣ la presencia de determinadas aves, que reducen la carga de ectoparásitos en los animales.

No habrá día en que los ecosistemas pastoriles funcionen igual que el día anterior, ya que son muchísimos los flujos de materia e información que determinan su funcionamiento.

Quienes manejen los sistemas pastoriles deberán recorrer los ambientes con periodicidad, visualizando estructuras y condiciones, percibiendo sutiles o manifiestos indicios de variación, sabiendo interpretar el funcionamiento de los sistemas, prediciendo los efectos que distintas acciones tendrán sobre la productividad. Deberán diseñar acciones para ampliar determinados flujos, sabiendo compensar desequilibrios en la presencia de ciertas especies, fomentando su floración o permitiendo el establecimiento de plántulas. Deberán variar cargas animales o diseñar el avance del pastoreo por las parcelas, elegir alternativas que permitan mantener la oferta de forraje, acomodar sus instrucciones de manejo según lo que diagnostican en cada visita. Los sistemas pastoriles no se manejan desde un escritorio, en función de lo que registran las computadoras, visualizando la realidad según lo que nos cuentan los colaboradores. Se manejan caminando por los potreros o por sus sectores representativos, analizando lo visto, diagnosticando problemas, eligiendo alternativas para superarlos, implementando prácticas ingeniosas, evaluando los resultados, equivocándonos en los manejos recomendados y re-planteándolos. Quienes orientan los

manejos de estos ecosistemas pastoriles deben estar especializados, saber de flujos y nutrientes, conocer de plantas y animales, ser sensibles para percibir cambios y tendencias y, ser capaces de tomar decisiones arriesgadas que provoquen cambios y corrijan tendencias. En definitiva, deben ser *pastores*.

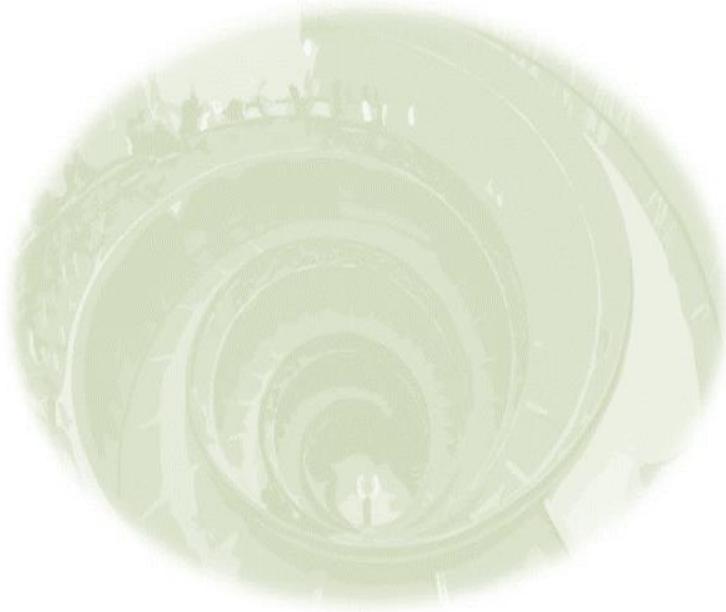
Hay quienes consideran a la labor pastoral como la orientación de un rebaño de almas. Otros interpretan que solo se trata de arrear vacas, cabras u ovejas, de los corrales a los prados. Muchos visualizan a los pastores descansando a la sombra, contemplando el hato de animales y haciendo sonar una flauta de cañas. Si enunciamos a la labor de pastores como la de quienes componen y orientan el manejo de ecosistemas pastoriles (complejos, sutiles, variables, sujetos a perturbaciones), comprenderemos que puede tratarse de una actividad demandante, interesante, creativa, apasionante para quien guste ejercerla como profesión. Consiste en la utilización adecuada de las diversas herramientas disponibles (fuego, rolos, fertilizantes y semillas, división de áreas, descansos) y accionar los componentes del ecosistema (animales, forrajes, sol, lluvia y minerales) para que exista armonía. Los pastores deberán prescribir disturbios en momentos oportunos, asignar la oferta de forraje, distribuir animales cosechadores, secuenciar descansos de recuperación y, permitir el establecimiento y vigorización de especies deseadas. Será su responsabilidad transcribir lo que ocurre, llevarlo a tablas para evaluar y proyectar, anticipar situaciones financieras o analizar rentabilidades económicas. Lograr que todo funcione armónicamente resultará fácil cuando se sabe y se quiere lo que se hace. Lo que

resulte difícil para quienes carecen de conocimientos pastoriles, no lo será para los *pastores* que amen su profesión.

*El ecosistema pastoril es conceptualizado como un complejo mega-organismo cuyos múltiples componentes se relacionan entre ellos mediante infinitos flujos de materia y de información. En este modelo idealizado diversas especies de plantas se relacionan entre ellas o con bacterias, hongos, insectos, diversas especies de aves, pequeños o grandes mamíferos, que las parasitan o estimulan, respiran, degradan, construyen o fijan estructuras orgánicas, remueven o compactan el suelo, digieren detritus, proveen vitaminas o minerales, siendo tan importantes los unos como los otros. Las variaciones en la materia y en biomásas, consecuencia del fluir entre pastos, herbívoros y descomponedores, confieren a los sistemas pastoriles su dinamismo. Este dinamismo es medido al transcurrir el tiempo y, es descrito como una historia al transitar entre distintos estados o puntos de equilibrio. Sin embargo, tal historia es irrepetible y tal dinamismo no es estable, porque los ecosistemas pastoriles sufren secas, inundaciones, pastoreos y quemas. Como consecuencia de variadas perturbaciones a las que está sometido, los ecosistemas pastoriles experimentan un característico NO equilibrio que los identifica. Por estar perfectamente adaptados a los disturbios, los ecosistemas pastoriles se recuperan durante los periodos de descanso, reasignando los recursos liberados durante esta reorganización. Por ello puede afirmarse que el verdadero disturbio en los sistemas pastoriles, es la falta de disturbio. Y que constituye un beneficio el hecho de que estos ecosistemas pastoriles sean tan complejos y NO*

# 40..

*estén en equilibrio, porque permite manejarlos dinamizando flujos y orientando al sistema hacia estados deseables. Para hacerlo no hay recetas, deberán utilizar su ingenio quienes asuman el desafío profesional de hacer ascender al ecosistema por una escala virtuosa.*



## Capítulo 2. Disturbios y Tiempos Pastoriles

Hace miles de millones de años los continentes comenzaron su deriva y, posteriormente, los climas fueron perdiendo estabilidad. Entre 100 y 50 millones de años atrás, la variabilidad climática determinó cambios en la vegetación y comenzó la evolución del Bioma Pastizal, con los pastos y los herbívoros que hoy conocemos. Millones de años de evolución sometidos a sequías, inundaciones, incendios, pisoteos e intensas defoliaciones, hicieron que los ecosistemas pastoriles se adaptaran perfectamente a los disturbios. ¡Tan adaptados están que los requieren! En los ambientes pastoriles no existe el crecimiento indefinido, porque se detienen los procesos productivos al agotarse los recursos monopolizados por una vegetación dominante. Y los disturbios generan un caos que abate estructuras y libera dichos recursos, lo que permite una paulatina reorganización, una dinamización de los procesos del ecosistema y la diversificación de su flora y fauna. El ecosistema puede ser ilustrado como un caos organizado, el disturbio como un evento desorganizador y el periodo posterior libre de disturbios como un proceso re-organizador. Pero, como en el caso de los castigos, son formativos aquellos correctivos acotados, necesarios y esperados;

mientras que aplicados con excesiva frecuencia pueden resultar perjudiciales. En los ecosistemas pastoriles, ocurrido el disturbio, debe transcurrir un periodo de re-organización suficientemente prolongado, para que sean aprovechados creativamente sus efectos liberadores. Secuencias de disturbios liberadores y descansos de reorganización modelaron los ambientes pastoriles. Secuencias de disturbios y descansos pueden ser engarzadas con ingenio pastoril para generar en estos ecosistemas estados de alto dinamismo y productividad.

### **Eventos Perturbadores:**

Los ecosistemas pastoriles son heterogéneos, en lo espacial y en lo temporal. Varían en el espacio por razones geológicas, edáficas o de uso. Varían en el tiempo como consecuencia de periodos de crecimiento del sistema y eventos que disturban al sistema, interfieren en su maduración y orientan su evolución. Estas perturbaciones son discretas, infrecuentes, de origen endógeno o exógeno al sistema. Ocurren a varios niveles jerárquicos, provocando la demolición de estructuras, remoción de biomasa y liberación de recursos (nutrientes, agua, luz), siendo medible su manifestación. Un disturbio puede ser causado por la remoción del suelo para sembrar una pastura, por un incendio, una inundación o por el pastoreo intenso de un recurso forrajero. Las sequías, el fuego y el pastoreo por grandes ungulados son los tres factores perturbadores que distinguen los ecosistemas pastoriles de otros tipos de ecosistemas. Dadas las diferencias morfo-genéticas y adaptativas entre especies, algunas se verán favorecidas y otras perjudicadas por el disturbio. Por haber evolucionado durante decenas de millones de años sometidos a eventos perturbadores, las

pasturas y pastizales están perfectamente adaptados a la ocurrencia de diversos tipos de disturbios. Se puede afirmar que tienen alta necesidad de que ocurran tales perturbaciones y que los disturbios pasan a ser una propiedad intrínseca de los ecosistemas pastoriles. Puede argüirse entonces que, en los ambientes pastoriles, *el verdadero disturbio es la falta de disturbio*.

Cuando no se disturban los ecosistemas (pastoriles, agrícolas, forestales), el rápido crecimiento inicial va tornándose más lento, como consecuencia de que se limita la disponibilidad de algunos recursos (luz, nutrientes, agua). Y si continúa el período de crecimiento, unas pocas especies podrán monopolizar determinados recursos (que siempre son limitados) y dominar los sitios excluyendo a otras especies, simplificando las comunidades florísticas. En el caso de praderas o estepas (graminosas o arbustivas), aquellas especies que desarrollan en altura (pajas o arbustos) interceptarán toda la radiación incidente, disminuyendo la densidad de plantas, conformando un canopeo con menos individuos, generando entre las grandes matas espacios sin vegetación. En regiones áridas, especies que desarrollan raíces superficiales serán quienes mejor capturarán el agua caída durante lluvias poco intensas, excluyendo a especies que profundizan sus raíces y dominando los sitios. En la Región Pampeana central, la alternancia estacional entre especies mega-térmicas y meso-térmicas se ve retrasada ante la falta de disturbios. Las plantas de crecimiento estivo-otoñal madurarán al finalizar su ciclo, conformando un canopeo denso que retardará el restablecimiento de las especies de crecimiento invernal. Lo contrario ocurrirá en sitios muy fértiles, donde la profusa floración y alta acumulación de biomasa al finalizar la estación de

crecimiento de las especies invierno-primaverales, impedirá que las especies mega-térmicas puedan vegetar al inicio del verano. En todos estos casos y muchísimos ejemplos más, el recurso se agota y la vegetación entra en la fase de exclusión durante la cual será nula la producción neta. En caso de continuar el proceso de exclusión, la biomasa senecerá y decaerá. Este proceso, que rige la biología de *todos* los individuos, poblaciones y ecosistemas, determina que la acumulación de biomasa no sea indefinida.

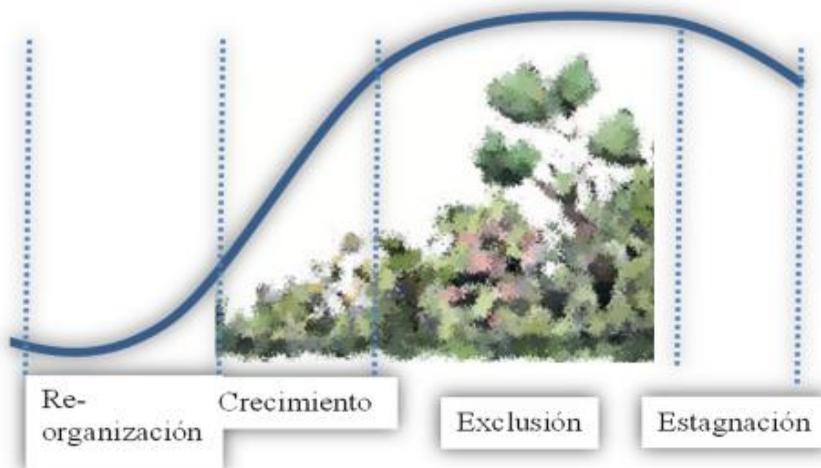


Fig. 2.1. Fases de un crecimiento no perturbado. Al alcanzarse la etapa de exclusión, todos los recursos han sido utilizados y el crecimiento se detiene, por lo que resulta necesaria una perturbación.

Al perturbarse la vegetación dominante, se re-vivifican los ecosistemas que han entrado en estados de exclusión o estagnación. Al cambiar la estructura del canopeo, morir raíces y liberarse los recursos secuestrados, se interrumpirán los procesos de agotamiento (de algún recurso) o exclusión (de especies). La reiteración de las perturbaciones

debilitará y afectará el desarrollo de los individuos que ejercen supremacía sobre otros. Al liberarse estas fuerzas catalizadoras y orientadoras de la sucesión, los disturbios se convierten en potentes determinantes de la suerte de especies subordinadas, creando micrositios que garantizarán el establecimiento de plántulas y nichos específicos que podrán ser ocupados por diversas especies, lo que permitirá una producción diversificada. Sea directa o indirectamente, los disturbios relajarán la competencia entre individuos, posibilitando su coexistencia. La ocurrencia de una serie de perturbaciones, al azar u ordenadamente, esporádica o secuencialmente, incidirá sobre la biota de los ecosistemas pastoriles y afectará su biodiversidad. Vistas de ese modo, sólo mediante pulsaciones (que se repitan con cierta periodicidad) es posible lograr efectos estimulantes y revitalizadores en los ecosistemas pastoriles. Como lo ilustra Allan [Savory](#), *las perturbaciones actualizan la hora y dan cuerda al reloj*.

Las recurrentes perturbaciones naturales que distinguen los ecosistemas pastoriles (sequías, inundaciones, incendios y pastoreos) pueden sumarse las muchas perturbaciones causadas por el hombre: mecánicas (desmontes con topadoras o cadenas, rolados, defoliaciones, escarificaciones, etc.), químicas (con herbicidas, insecticidas o fertilizantes), físicas (mediante inundaciones o drenajes), biológicas (al ser introducidas especies -vegetales, insectos, animales). Interactuando con el clima en las diferentes estaciones del año, estas perturbaciones permiten la coexistencia de especies, varían el desarrollo aéreo y subterráneo de plantas herbáceas y arbustivas, relocalizan órganos perennes cerca de la superficie del suelo y promueven significativas actividades bióticas

por debajo. Las sequías son más frecuentes en ambientes semiáridos a áridos, mientras que el fuego lo será en ambientes más húmedos. El pastoreo y pisoteo por medianos o grandes herbívoros disminuyen la biomasa de las dominantes y crean espacios donde son liberados recursos tales como la luz, humedad y nutrientes. Numerosas comunicaciones bibliográficas han informado sobre una mayor diversidad vegetal en áreas disturbadas.

Es muy frecuente observar en los extensos campos de pastoreo de nuestro país, sitios donde el tapiz herbáceo ha entrado en las fases de maduración y estagnación, acumulando importantes biomásas que secuestran cantidad de nutrientes. Al no estar sometidos a perturbaciones y por mantenerse en pie dicha biomasa seca y con alta relación C:N, es lenta la descomposición y meteorización de los tejidos muertos. De las perturbaciones que aceleran los procesos de descomposición y mineralización, el fuego es quien oxida más violentamente los compuestos carbonados del sistema y libera rápidamente  $\text{CO}_2$ , vapor de agua y compuestos minerales. También es importante el impacto que muchos animales pueden realizar cuando se encuentran concentrados y están excitados; determinando el pisoteo de malezas y matas de paja, el mezclado de tierra con material vegetal, el rompimiento de tejidos vegetales altamente esclerosados y de costras endurecidas en la superficie del suelo, etc. Al conformar un manto de broza, se prolongarán los periodos en los cuales los tejidos vegetales permanecen húmedos y pueden ser atacados por los microorganismos. Por otra parte, las excretas de estos herbívoros contienen cantidad de agua, siendo menor relación C:N y mayor la relación superficie:volumen respecto de los tejidos vegetales consumidos. De

este modo, la broza acumulada y las excretas depositadas resultan ambientalmente más favorables para la actividad de la meso-fauna y microorganismos descomponedores, lo que estimula su accionar y favorece la circulación de nutrientes.

Los efectos de los disturbios no son siempre positivos ni uniformes porque, al impactar distintas estructuras de la vegetación, generan respuestas disímiles. Algunos pueden estresar a las plantas, lo que dependería del momento de ocurrencia y del grado de adaptación de cada especie a determinados disturbios. En otros casos, el disturbio se ejerce en manchones, mostrando destacadas diferencias entre ellos. En estepas gramíneas/ arbustivas de la Región del Monte Argentino pueden ser observados “peladales” sin vegetación, cuyos suelos están endurecidos por la presencia de pedregullo y costras. Estos manchones se alternan con islas de vegetación protegidas por arbustos, bajo los cuales se acumulan los sedimentos arenosos y la mayor parte de la broza, la fertilidad, y las semillas disponibles, por lo que concentran la mayor parte de la actividad biológica del ecosistema. Los “peladales” entre las “islas” serían consecuencia de la reiteración del pastoreo, que debilita a los pastos y erosiona el suelo no retenido por raíces que mueren. Cuando ocurren incendios, desaparece la cobertura arbustiva y se liberan espacios ocupados por los arbustos, brindando agua y otros recursos a los pastos. Vuelan los sedimentos que se encontraban bajo los arbustos, provocando la redistribución de semillas y de arenas que se depositan en los “valles erosionados”. Estos sedimentos favorecen la recolonización con pastos que habían sido eliminados por sobrepastoreo. Por otra parte, en las “islas de vegetación”, gramíneas

deseables aprovecharán mejor los recursos liberados, antes retenidos por los arbustos. Estos ejemplos demuestran que no todos los disturbios afectan por igual a la vegetación, que la respuesta a estos disturbios puede ser sorprendentemente variable y que se requiere mucha capacidad de observación para intuir como valerse de herramientas perturbadoras.

Tabla 2.1. Efecto dual de un evento perturbador. Cuando el ecosistema esté alcanzando una etapa de limitación para su producción, puede resultar estimulante o revitalizador. Su reiteración antes de que se recupere el sistema puede resultar en su deterioro.



La tabla 2.1. sugiere que un disturbio, al liberar energía y modificar estructuras, puede determinar tanto un estrés como un subsidio. Estrés sobre las dominantes, subsidio a las dominadas. Estrés, si la intensidad o frecuencia del disturbio es excesivo; subsidio, si los momentos, intensidades y frecuencias permiten completar una

organización nueva, distinta, mejor. Se pueden multiplicar ejemplos en los cuales los disturbios generan un estrés en el sistema o lo vivifican. Las labores agrícolas consisten en una secuencia de disturbios mecánicos que remueven el suelo, matan las especies del tapiz original y previenen el establecimiento de especies indeseables. La oxidación de su materia orgánica libera recursos, lo que acrecienta la disponibilidad de nutrientes y la difusión de importantes cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Alternativamente, se utilizan herbicidas que matan toda la vegetación, aplicándolos más de una vez, tras lo cual se incrementa la disponibilidad de recursos minerales mediante fertilizaciones y enmiendas, para finalizar con la siembra de las especies con las que se desea conformar la nueva comunidad forrajera. Se maximizan así las acciones perturbadoras para liberar recursos y modificar la composición de la vegetación. En otras regiones subhúmedas y semiáridas, con fisonomías arbóreas o arbustivas, se procede a “habilitar las tierras” para su uso pastoril afectando parcialmente los canopeos con maquinarias (topadoras, rolos o rastras) y sembrando especies forrajeras de calidad. Tras estas perturbaciones iniciales suele quemarse la vegetación herbácea remanente. Se canalizan así recursos (luz, agua y nutrientes) que habían sido capturados por un estrato leñoso y poco productivo, a un nuevo y dinámico estrato herbáceo, accesible a los herbívoros. De esa forma, se recuperan fisonomías de bosque abierto o estepa arbustivo/graminosa, siendo muy alentadores los resultados por incrementarse la producción herbácea y mantenerse una buena infiltración del agua, tan determinante en dichas regiones.

Este relato puede continuar *ad-infinitum* describiendo casos en que los disturbios son revitalizadores, sus efectos dinamizantes y sus resultados alentadores. O, demostrando que, por disturbar los ambientes, el hombre ha cometido tropelías sobre los ecosistemas. ¿Cuál es la razón para que eventos de naturaleza estimulante, pierdan sus características positivas y determinen efectos negativos? ¿Será que la dependencia de los ecosistemas pastoriles por los disturbios los hace resilientes a ellos? ¿O que existen umbrales, pasados los cuales los disturbios deterioran el ecosistema? La respuesta a estos interrogantes está en los procesos de recuperación que ocurren después del disturbio. Aparece nuevamente el factor *tiempo*, que rige el momento en que ocurren y la frecuencia de ocurrencia de estos eventos perturbadores.

### **Periodos de reorganización:**

En todo proceso dinámico se alternan momentos de desorden con otros momentos en que se restablece un orden funcional. A fuerzas que desequilibran el ecosistema, se contraponen situaciones que lo re-equilibran como consecuencia de la tendencia natural a la auto-organización. Consecuentemente, tras un evento perturbador que desorganiza, se reorganizarán estructuras y procesos. Para que sea completada la recuperación, debe transcurrir un periodo sin que se reiteren los disturbios. La vulnerabilidad de las pasturas ante los disturbios dependerá del momento en que ocurren los eventos, del tipo e intensidad de la perturbación, de la estructura y funcionamiento del sistema original. Pero dependerá en mayor medida del grado y naturaleza de la reorganización que ocurre durante el periodo de descanso. Si los períodos entre perturbaciones son lo suficientemente extensos y ocurren en condiciones ambientales benéficas, se

recuperarán los componentes y procesos de la pastura, aprovechando la energía y recursos disipados durante el disturbio anterior. Si, en cambio, no existen condiciones para el crecimiento (ej. periodos de sequía, bajas temperaturas en pleno invierno) o los periodos de recuperación son muy cortos, no habrá recuperación o la misma será insuficiente. En términos pastoriles, permitir periodos de reorganización es hablar de los *tiempos de descanso*.

Merece destacarse que estos procesos de recuperación pueden resultar inmensamente creativos. Finalizado el evento perturbador, comienza un proceso de reorganización, durante el cual recrecen las plantas defoliadas. También, ocuparán el terreno descubierto por el disturbio, diversas especies locales, espontáneas o que hubieran sido sembradas. Al colonizar los sitios, estas especies utilizarán de manera diferencial los recursos liberados por el disturbio, apropiándose de ellos. Así, los recursos liberados por los disturbios, esas fuerzas catalizadoras o pulsos estimulantes, se materializan brindando a una miríada de organismos la oportunidad de aprovecharlos durante un periodo determinado. Un ejemplo de este estímulo eco-sistémico muy bien documentado ocurrió en el parque nacional de Yellowstone, en Wyoming, EEUU. La reintroducción de los lobos al parque (en 1995) desencadenó lo que se conoce como *cascada trófica*. La misma tiene lugar cuando animales en lo más alto de la cadena trófica afecta el funcionamiento de todo el ecosistema. Antes del regreso de los lobos, los ciervos pastoreaban los valles del parque, debilitando las plantas y denudando el suelo. Por su pisoteo se desbarrancaban las márgenes húmedas de los arroyos. En las laderas progresaban los arbustos ante la menor frecuencia de ramoneo. Los zorros consumían huevos de aves

silvestres o atacaban pequeños roedores y crías de animales medianos. Cuando los lobos llegaron, los ciervos volvieron a las laderas de las montañas en busca de protección. Al renovarse el ramoneo de los arbustos, detuvo su avance. Al descansar los valles, los pastos cubrieron el suelo y brindaron protección a nidos y pequeños mamíferos. Al no ser afectadas sus márgenes, los arroyos y ríos recuperaron su cauce y volvieron los castores a construir sus diques, determinando embalsados fuente de vida multi-específica. Al ser predados los zorros, aumentaron las especies de pájaros y roedores que ellos predaban. Tal fue el efecto benéfico del disturbio causado por el regreso de quienes estaban arriba, en la cadena trófica. Los hombres, que ocupamos dicha posición, debemos aprender a conducir los ecosistemas adecuadamente. Solo debemos causar sabiamente las correspondientes cascadas tróficas y generar *espirales virtuosas* que acrecienten el dinamismo funcional de los ecosistemas pastoriles.

Los pastos están adaptados a una mayor frecuencia de disturbios que las pajas, los arbustos o los árboles, ya que extienden más rápidamente su pantalla foliar y capturan los recursos liberados. Por ello, si se extienden los disturbios sobre todas las formas vegetales existentes, los pastos podrán monopolizar los recursos desarrollando su importante biomasa radical en la superficie del suelo y habría un denso canopeo aéreo sobre dicha superficie. De la misma manera que los pacientes deben cumplir con un periodo de reposo, para poder recuperarse de una enfermedad o intervención médica, en los ecosistemas pastoriles debe transcurrir un tiempo de recuperación, tras haber sido perturbados con variada intensidad. La intervención del cirujano recompone el cuerpo para que funcione adecuadamente, tras

un periodo de recuperación. De forma similar, el ingeniero pastoril accionará perturbaciones de distinta intensidad o frecuencia, para mejorar el funcionamiento del ecosistema, corrigiendo procesos lentos o insuficientes. Pero, será la naturaleza quien reorganice el ecosistema pastoril y lleve a cabo un reordenamiento de su estructura y re-dinamización de su funcionamiento.

Ambas situaciones, la perturbadora y la reorganizadora, pueden interactuar en forma original y creativa. Para que esto ocurra se deberá: (i) diagnosticar correctamente la necesidad de una intervención, (ii) preparar al paciente (médico) o a la estructura previa (ingeniero pastoril), (iii) prescribir el momento y características de la intervención (médico) o del disturbio (ingeniero pastoril), (iv) llevarlo a cabo y, posteriormente, (v) medicar (médico) o sembrar (ingeniero pastoril), (vi) disponer un periodo de reposo (médico) o descanso (ingeniero pastoril), (vii) señalar un periodo de mediana actividad (médico) o determinar la frecuencia, intensidad y tipo de posteriores disturbios (ingeniero pastoril). Ningún médico abandona a su paciente después de haber actuado sobre su cuerpo. Tampoco realizará la intervención si no estuvieran dadas las condiciones de una recuperación adecuada. De la misma manera, un ingeniero pastoril sembrará una pastura cuando sean máximas las posibilidades de éxito y monitoreará periódicamente el proceso de establecimiento de las débiles plántulas. Ambos contemplan la evolución posterior a la acción prescrita, verificando su evolución, corrigiendo disfunciones, evitando anormalidades, prescribiendo acciones re-orientativas. Ambos reconocen la capacidad del sistema biológico de reorganizarse, y monitorean la evolución del proceso, procurando direccionarlo mínimamente. Este paralelo entre la labor del

médico y del ingeniero pastoril es meramente ilustrativo ya que actúan sobre organismos muy disímiles. La especie humana ha evolucionado decenas de miles de años protegiéndose o evitando los disturbios, los ecosistemas pastoriles han evolucionado durante decenas de millones de años, adecuándose a disturbios que necesitan. Mientras una persona posee solo su cuerpo y su vida es acotada, el ecosistema pastoril posee infinidad de cuerpos, capaces de asumir diversos estados y persistir indefinidamente.

La ciencia ha evolucionado en su modelo conceptual de la naturaleza. Los científicos químicos nos informan que nada está totalmente determinado y que todo es un caos organizado. Los físicos cuánticos reconocen la existencia de relaciones funcionales entre determinadas partículas, a distancias significativas. Los biólogos consideraron inicialmente al ecosistema como una “obra de arte” o “mecanismo de relojería” en perfecto equilibrio. Luego, ante evidencias palpables de su deterioro, procuraron que se lo cuide y conserve, considerándolo como “mecanismos en vías de extinción” ante cualquier desequilibrio negativo. Actualmente, reconocen la complejidad, dinamismo, multi-funcionamiento de los ecosistemas. Paulatinamente, se alejan conceptos que describen una trayectoria lineal y donde habría un único equilibrio, para aceptar condiciones de NO equilibrio con riqueza de comportamientos y múltiples estados. Por ser nuestra información imperfecta, deberemos asumir modelos conceptuales idealizados, sencillos, no totalmente representativos de la realidad física que nos rodea. También, reconocer que tratamos ecosistemas muy complejos, con muchas estructuras y variados niveles jerárquicos y tróficos, cuyas propiedades o estados posibles

pueden ser determinado por eventos ocurridos por un accionar o por azar. Y, en caso que se pretenda manejar los ecosistemas, deberá tenerse en cuenta las probabilidades que los eventos ocurran y, asimismo, que los procesos de re-organización podrían orientarse en múltiples direcciones.

### El tiempo y la historia:

Se debe aceptar, entonces, que la naturaleza y el universo evolucionan constantemente a estructuras más complejas y que dichas evoluciones pueden medirse. Surge así el concepto de la cuarta dimensión, *el tiempo*, considerado por Aristóteles como el periodo entre un antes y un después, en el cual transcurre la *historia*. Dicha historia no es una línea recta ascendente ni el ecosistema pastoril es una plácida piscina. El ecosistema es cambiante y la historia es irrepetible, ya que es muy poco probable que vuelva a darse el conjunto de factores y múltiples fuerzas que condicionaron la naturaleza momentos antes. Y también, que dicha historia es irreversible. Al no poderse volver atrás, los efectos en el tiempo transcurrido sólo pueden ser corregidos hacia adelante, en el transcurso del tiempo futuro. La consideración del factor tiempo y de la historia natural es decisiva para comprender y manejar ambientes



Fig. 2.2. Para utilizar correctamente los ecosistemas pastoriles debe revalorizarse el tiempo

pastoriles. Nuestros conocimientos surgen de estudios científicos que son reduccionistas en el espacio y deterministas en el tiempo. El método científico apela a dichas características para experimentar los fenómenos, evitando efectos confundidos. Explica estos fenómenos en forma a-temporal. Los Ingenieros Pastoriles, que pretenden orientar la naturaleza, deben revalorizar el tiempo y considerar que los fenómenos naturales no son repetibles ni son reversibles.

Caracterizando los ecosistemas pastoriles por su inestabilidad, por NO ser lineales, por la multiplicidad de sus estructuras, por multivariaciones espaciales y temporales, se reconoce que los ecosistemas pastoriles son el fruto de su historia. Al analizar las diferencias entre pasado y presente, se describe la historia ocurrida. Dando importancia a los tiempos biológicos, se puede escribir la historia creativa del ecosistema pastoril y planificar su futuro. Habiendo tantos ejemplos de la destrucción de ecosistemas por el accionar del hombre, muchos asumen que la historia de la naturaleza sólo es creativa cuando el hombre se abstiene de actuar. Se debe desechar este prejuicio ya que, manejando los ecosistemas pastoriles con acciones ingeniosas, prudentes y determinadas, atendiendo a las múltiples funciones que ocurren en el ecosistema pastoril, corrigiendo mínimamente los procesos, es posible lograr exitosas recuperaciones. ¡Todo eso gracias al NO-equilibrio de los ecosistemas pastoriles, que pueden ser influidos y orientados mediante acciones correctas!

Ya se ha visto que los organismos que componen al ecosistema pastoril son sometidos a fuertes condicionamientos externos, a través de variaciones en flujos de energía y de información o en la

disponibilidad de recursos o de sustancias reactivas. Y que, *mientras transcurre el tiempo*, se adaptan a tales condicionamientos haciendo uso de su “sensibilidad” para percibir variaciones ambientales, “eligiendo” las situaciones que los benefician y desean aprovechar, desarrollando sus estructuras. Esa sensibilidad permite a las plantas percibir la presencia de plantas vecinas, en función de variaciones en la calidad de la luz que las mismas reflejan, adaptando su desarrollo para prevenir futuras interacciones competitivas. Por ejemplo, si no hay vecinos cerca, las hojas se disponen más horizontalmente, los entrenudos se acortan, los macollos se multiplican, las raíces arraigan densamente, ocupando las plantas todo el espacio y recursos disponibles. Si, por el contrario, perciben la existencia de vecinos, alargarán y elevarán sus hojas y tallos para sobresalir y no ser sombreadas. O, modificarán la trayectoria de raíces al percibir la presencia de otras por delante. O, saltarán suelos poco fértiles alargando los entrenudos de sus estolones hasta acceder rápidamente a sitios de mayor fertilidad. Los microorganismos, los insectos, la fauna pequeña y mediana, los grandes ungulados y demás componentes del ecosistema pastoril, también elegirán las situaciones que deseen aprovechar. En respuesta a los estímulos, el conjunto de componentes del ecosistema pastoril desarrollará procesos creativos durante los descansos, en cuyo transcurso determinarán el crecimiento aéreo y radical de las especies que más rápidamente aprovechen los recursos, el establecimiento de otras especies vegetales, el procesamiento de tejidos vegetales y su mezclado con partículas del suelo, la perforación de los horizontes superficiales edáficos por un sinnúmero de canales, la aireación del suelo, la descomposición de la materia orgánica, etc. Podremos orientar los

procesos creativos modificando las señales (ej. regando la periferia de las plantas deseadas provocaremos su expansión lateral o, defoliando intensamente las pasturas, aumentaremos el macollaje). Podremos evaluar estos procesos y sus resultados midiendo sus tasas de crecimiento o avance, aprovechamiento o liberación de recursos, procesos de oxidación, infiltración, percolación, etc., comparando los estados anteriores y posteriores en el transcurso de periodos biológicamente positivos.

Como consecuencia del NO equilibrio de los ecosistemas pastoriles, se los puede orientar variando las condiciones ambientales y estructurales, permitiendo su tránsito a nuevos y mejores estados. Los disturbios, que modificarán la estructura del canopeo, variarán las señales a los organismos presentes. Estos adecuarán su morfología y atesorarán los recursos liberados. Así, los muy diversos procesos biológicos que ocurrirán durante los periodos de descaso, crearán los nuevos y deseados estados. Sabiendo ver los procesos, presenciamos estos fenómenos dinámicos que ocurren todo el tiempo, observando el tránsito y transformación de determinados ecosistemas pastoriles en estados alternativos de gran (o de poca) utilidad para el hombre, ganando (o perdiendo) dinamismo en sus procesos o diversidad en sus componentes. El porvenir de los ecosistemas pastoriles permanece abierto, ligado a procesos siempre nuevos de transformación y de extrema complejidad, en un universo donde el tiempo no es ilusión ni disipación, sino creación. Si bien carecemos de conocimientos suficientes para explicar todos los procesos involucrados, sabemos que la naturaleza se auto-organiza formando determinadas estructuras o funciones, al ensamblar recursos y seres

vivos. Por ello, evitaremos realizar conjeturas y apelaremos a sumar probabilidades de respuesta satisfactoria, procurando inferir los procesos biológicos que ocurren durante los periodos de recuperación creativos. En función de ello, accionaremos eventos perturbadores y brindaremos los descansos necesarios, en los momentos que correspondan. No pudiendo prever el porvenir de la vida, de la naturaleza o del universo, podemos intuir las inmensas posibilidades creativas que brinda considerar los muchos procesos biológicos beneficiosos que ocurren en los ecosistemas pastoriles con el transcurso del tiempo. Y procurar orientarlos en forma creativa.

### **Herramientas para corregir la invasión de malezas y leñosas**

Cuesta revertir el proceso de enmalezamiento y arbustificación. Se han utilizado diversas formas de control de arbustos (desmontes, rolados, aplicación de herbicidas, quemas) con el propósito de reducir su competencia y restablecer la vegetación herbácea, con resultados variables. La desmalezadora puede ser utilizada para abolir la estructura generada por las malezas o para extender la defoliación realizada por los herbívoros a plantas poco palatables. Hay casos en que la desmalezadora puede ser suplida por un herbicida o por el impacto de muchos animales de menores requerimientos que pueden ser forzados a consumir remanentes de forraje que de otra manera se desperdiciarían. Otras máquinas que pueden provocar fuertes disturbios son escarificadores, rastras de dientes o de discos, grandes rolos, etc. Cada una puede ser empleada para provocar cambios estructurales que afectarán el funcionamiento de la pastura o pastizal. Por ejemplo, desde mucho tiempo atrás se utilizan escarificadores para airear el horizonte superficial de pasturas

favoreciendo la infiltración de agua, la circulación de nutrientes y el establecimiento de plántulas. Otro ejemplo es el uso de rolos pesados capaces de triturar árboles o arbustos densos y delgados que impidan el desarrollo de un tapiz herbáceo.

Muchas veces es necesario abrir y dar luz en un pastizal o una pastura cuyo canopeo, por falta de defoliación, se halla envejecido o está dominado por especies poco deseables. El fuego es la herramienta más rápida para hacerlo, generando las condiciones para la posterior vigorización del pastizal. El fuego es un elemento natural del ecosistema pastoril que, prescripto como herramienta, puede prestar una inestimable colaboración para su manejo. Dado que tiene un fuerte impacto sobre la superficie del suelo y sobre los procesos funcionales del ecosistema, puede ser muy beneficioso o altamente peligroso según la experiencia de quien lo aplica. Como herramientas alternativas, podrían utilizarse maquinarias (con un alto costo operativo), herbicidas o el impacto animal (pudiéndose resentir la producción secundaria).

La concentración de animales con la intención de disturbar también tiene riesgos y beneficios. Es muy importante el impacto que los animales pueden realizar cuando son muchos, se encuentran concentrados y están excitados (esto último es clave pues así pierden el cuidado sobre donde pisan). Actuando de ese modo los herbívoros (especialmente los de mayor tamaño) pueden pisotear malezas, matas altas de paja, mezclar tierra con material vegetal, romper tejidos vegetales altamente esclerosados o costras endurecidas en la superficie del suelo, etc. Utilizando atractivos es posible provocar

este tipo de disturbios en áreas localizadas, lo que puede resultar sumamente beneficioso. Es falsa la creencia que al aumentar la carga instantánea aumenta el pisoteo. Los animales no pisan más la superficie total cuando están todos juntos que cuando están separados. Lo que ocurre es que concentran su actividad a cortos períodos de utilización. Sus actividades son similares cuando pastorean pequeñas parcelas (que no son corrales) que cuando están en amplios potreros. La única razón por la cual pueden aumentar su movimiento es cuando procuran mejorar su dieta ante la escasez de forraje. Por ello, al mermar la cantidad y calidad del forraje que se les ofrece, costean los límites de las parcelas buscando pasar a la próxima. También lo hacen si están acostumbrados a pasar de parcela en horarios prefijados. Para evitar daños por pisoteo en épocas lluviosas, es aconsejable pasar a los animales a la parcela que sigue antes que se les agote el forraje que pastorean. La concentración de animales tiene como beneficio que el pisoteo sobre una superficie determinada ocurra en un determinado momento y no continuamente. Es muy distinto que 365 animales pisoteen una superficie durante un día y luego se permita un año de descanso, a que un animal pisotee la misma superficie durante 365 días del año. Los suelos son resilientes y se recuperan de los efectos del pisoteo.

Un error frecuente es pensar más en la herramienta que en su función, por lo cual es recomendable cambiar la actitud y, para decidir la tecnología a utilizar, determinar previamente los efectos que se buscan. Ejemplos de los objetivos a lograr podrían ser los siguientes:

- ♣ Apertura del canopeo.
- ♣ Ataque a malezas arbustivas

- ♣ Debilitamiento de las especies dominantes para lograr aumentar la riqueza florística.
- ♣ Re-vigorización de plantas perennes maduras

Asimismo, se debe conocer las causales que determinaron la presencia de malezas, arbustos o pajonales y planificar acciones para contrarrestar dicha infestación en el futuro, después de haber aplicado el tratamiento correctivo. De nada vale contrarrestar solo los síntomas, si no se corrigen las causas. Por ejemplo, se puede pulverizar una población de cardos, pero debe reconocerse que la misma es consecuencia de mucho suelo desnudo y debe hacerse un esfuerzo para aumentar la densidad de las pasturas. Estableciendo pastos sobre los espacios desnudos, antes de que germinen las semillas de los cardos, se evitan gastos de desmalezamiento, se logra producir forraje y se reduce la contaminación ambiental.

### **Secuencia de Disturbios y Descansos:**

Cuando se permite pastorear en forma continuada la vegetación en crecimiento, no se visualiza la existencia de flujos ni de frecuentes disturbios. Sin embargo, al analizarse detenidamente los procesos que ocurren en el espacio y en el tiempo, se reconocerá que los animales ocupan determinados manchones, donde defolian sólo las especies preferidas, con una alta frecuencia que no permitirá la recuperación de las plantas (porque no existen los descansos). Si disminuye la oferta de forraje, los animales (i) aumentarán la frecuencia de defoliación de lo que prefieren, (ii) extenderán la superficie de pastoreo aumentando el tamaño de los manchones e, (iii) incluirán en su dieta algunas especies menos deseables. Si, por costumbre o porque maduró el forraje

desechado en los periodos de bonanza, los animales no pudiesen ampliar los manchones de pastoreo y aprovechar biomasas forrajeras anteriormente desechadas, sólo se dedicarán a cosechar lo que prefieren. Este proceso debilitará a las especies deseables y determinará su lento reemplazo por otras menos deseables, en un paulatino deterioro del funcionamiento del ecosistema pastoril.

El modelo conceptual del ecosistema *En Equilibrio* no reconoce la necesidad de que ocurran disturbios seguidos de recuperaciones y considera que el proceso de deterioro es reversible con solo disminuyendo la carga animal. Si, en cambio, se acepta el modelo conceptual de *No Equilibrio*, donde son inevitables las perturbaciones y subsecuentes periodos de recuperación, donde se valora el tiempo, se comprenderá que los deterioros ocurren cuando no ocurren adecuadas secuencias disturbios:descansos. Este modelo conceptual es mucho más complejo, ya que nos es imposible prever con certeza el desarrollo futuro de estos ecosistemas. Sin dejar de reconocer nuestras limitaciones en conocimientos, podemos intuir que, engarzando una secuencia de descansos y disturbios, se pueden diseñar métodos de utilización adaptados a las necesidades de cada ecosistema pastoril. Y que, mediante una acertada secuencia de disturbios y descansos, los ecosistemas pastoriles podrían describir una *espiral virtuosa*, una historia superadora. Surge entonces la posibilidad de plantear manejos revitalizadores, secuenciando acciones que liberen recursos y energía, permitiendo luego su canalización en procesos biológicos creativos.

El modelo conceptual presentado abajo ilustra tal secuencia de eventos perturbadores y periodos de recuperación (Fig. 2.3). El

disturbio actúa como un evento discreto que afecta la estructura de la vegetación y la superficie del suelo, liberando recursos que podían estar secuestrados por la vegetación dominante. Posteriormente, al transcurrir el tiempo de descanso, se restablecen funciones y ocurren procesos biológicos creativos, se ocupan los espacios vacíos y capturan los recursos liberados. A medida que las plantas maduran se entra en la fase de exclusión (ver Fig. 2.1), capturándose nuevamente los recursos disponibles. Una fase posterior es la de estagnación, en la cual el canopeo muere de pie. Mediante disturbios, pueden evitarse dichas fases de menor producción primaria neta.

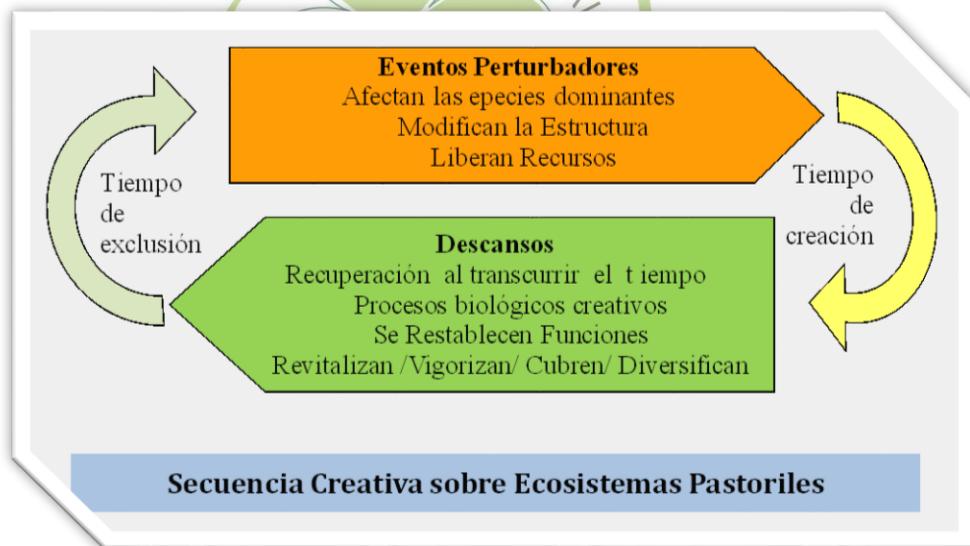


Fig. 2.3. Combinación de diversos disturbios para liberar recursos monopolizados por especies dominantes con descansos suficientes para garantizar el establecimiento de nuevas especies que generarán funciones diferentes.

De acuerdo con ésta descripción es fácil intuir que, permitidos los periodos de descanso para que ocurra una recuperación suficiente, será necesario implementar nuevos disturbios que reiteren los efectos

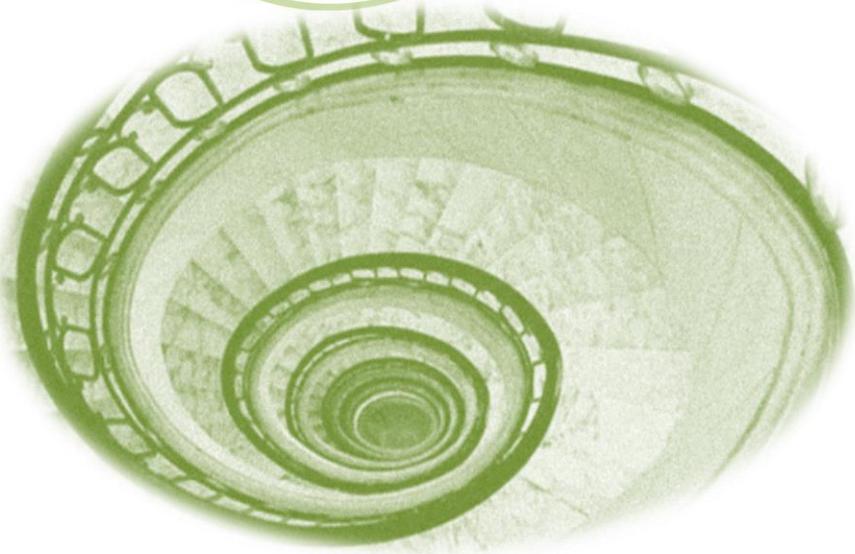
estimulantes y revitalizadores. Esto es especialmente cierto previo a las fases de exclusión y estagnación en la curva de crecimiento de la biomasa forrajera (Fig. 2.1.), momento en que la implementación de disturbios permitirá re-canalizar recursos que están siendo secuestrados por las especies dominantes. De esta forma, un rodeo de grandes herbívoros actuaría como un agente perturbador, cuyo efecto positivo dependerá de la frecuencia e intensidad de la defoliación y el pisoteo.

Es posible imaginar los efectos de estas secuencias de acciones y reacciones, al plantearse ejemplos de la influencia de diversas perturbaciones y sus posteriores descansos sobre la condición superficial de los suelos, la actividad de la micro-flora y la meso-fauna, la estructura de la vegetación y su composición florística, la infiltración del agua de lluvia, la dinámica de los nutrientes, la productividad primaria y muchos otros procesos que ocurren en los ecosistemas pastoriles. Dicho ejercicio intelectual permitirá diseñar estrategias ingeniosas para resolver problemas en los ecosistemas pastoriles. Tras la implementación de acciones, sus efectos deben ser evaluados para describir la historia creativa, que será analizada con otros ingenieros pastoriles y personas asociadas. Descripta la historia, podrán plantearse nuevas estrategias para que el ecosistema pastoril manejado evolucione conforme un espiral de crecimiento virtuoso.

*Los campos de pastoreo son ecosistemas dinámicos, altamente adaptados a diversos tipos de pulsaciones perturbadoras, beneficiándose de ellas en la medida que se permitan los periodos de reorganización necesarios. Alcanzadas las etapas de exclusión y estagnación, estas perturbaciones liberan recursos y dañan*

66..

*estructuras, castigando a las especies dominantes en mayor medida que a las especies dominadas. El tiempo rige los momentos en que ocurren estos fenómenos de corta duración y, los descansos necesarios para que se regeneren las estructuras y se restablezcan nuevas interacciones entre especies. Controlando los tiempos, se puede plantear la posibilidad de orientar estos sistemas pastoriles a estados deseados, acrecentando su riqueza y funcionamiento. Accionando correctamente los eventos perturbadores seguidos por periodos de recuperación, se puede manejar los ecosistemas pastoriles, describiendo una espiral virtuosa. Esto redituará en una mayor productividad, mejorará aspectos paisajísticos y, aumentará la importancia económica, social y política de nuestros ambientes pastoriles. Las infinitas posibilidades aseguran un ascenso en la espiral virtuosa.*



## Capítulo 3. Heterogeneidades Pastoriles.

Los ambientes pastoriles presentan variaciones observables en el espacio (paisajes, suelos) y al transcurrir el tiempo (con recurrencia estacional o en forma de eventos perturbadores de variable intensidad y momento de ocurrencia). Condicionadas por estas variaciones, se amalgaman poblaciones de especies microbianas, vegetales y animales, cuyos individuos se han adaptado a interactuar entre ellos y con el ambiente. La suma de lo abiótico más lo biótico determina las infinitas variaciones funcionales que conforman las comunidades pastoriles. Ellas están determinadas por las heterogeneidades en el espacio, asociadas al paisaje, al suelo y a la vegetación y a las heterogeneidades temporales surgidas de la estacionalidad y variabilidad climática. Las características de estas comunidades también surgen de las perturbaciones causadas por pastoreos, sequías o lluvias extraordinarios, incendios, trabajos culturales (labores, rolados,

fumigaciones). Todo eso conforma una matriz de variabilidad que es necesario conocer para poder observar síntomas, interpretar procesos, diagnosticar causas y decidir acciones a implementar.

### **Poblaciones Forrajeras: Su agrupamiento funcional**

Las comunidades están compuestas por *poblaciones específicas* de muy similares características genéticas, que pueden combinarse sexualmente entre ellas. Los individuos de estas *especies* nacen, crecen, florecen, fructifican y mueren, interactuando fuertemente entre ellos en procura de los recursos requeridos (luz, nutrientes y agua). Por ser estos individuos muy parecidos (pero no iguales) las interacciones y perturbaciones que soportan favorecerán a ciertos ecotipos y perjudicarán a otros, seleccionando determinados rasgos fenotípicos y características genéticas. Debido a estos procesos selectivos evolucionan funciones y estrategias de difusión (vegetativa-reproductiva) que permiten a las poblaciones ocupar el espacio y aprovechar recursos (luz, agua, nutrientes), prosperar en ambientes apropiados y diseminar las habilidades adquiridas. Son poblaciones forrajeras específicas: (i) cultivares de alto valor comercial como tréboles, alfalfas, cebadillas y gaton-panic, (ii) nativas destacables como las flechillas, gramillas ó colas de liebre, (iii) humildes componentes de ambientes pastoriles como alverjillas, centenillos o coirones, (iv) conspicuos componentes como arbustos cuyas hojas aportan taninos u otros nutrientes deseables.

La especialización funcional propia permite a cada población específica habitar determinados sitios, aprovechar ciertos recursos, soportar variadas perturbaciones. Los tréboles de olor que prosperan en

ambientes salinos, las gramillas de agua que lo hacen en situaciones palustres, las cebadillas que aprovechan focos de fertilidad en potreros pampeanos, los pastos ovillos que toleran ambientes umbríos, las poas que enriquecen la calidad forrajera de pastizales semiáridos, son ejemplos de especializaciones funcionales. Los muy diversos ecosistemas pastoriles cuentan con infinidad de poblaciones específicas que cubren sus suelos, explotan hábilmente los recursos disponibles, funcionan en armonía con el ambiente y les confieren sus características forrajeras. Se pueden generar praderas artificiales cultivando especies forrajeras comerciales, que aportarán las características funcionales que les son propias y su alto valor nutricional.

La similitud en las características morfológicas y hábitos de crecimiento, en su percepción y respuesta a estímulos, en sus requerimientos y tolerancias, exacerban las relaciones de competencia entre los individuos integrantes de una población específica que ocupan un mismo ambiente. Se trata de hermanos, primos y familiares muy cercanos que compiten fuertemente por recursos limitados. Este aspecto debe tenerse muy en cuenta cuando se trata de cultivos forrajeros mono-específicos, como son los verdeos y pasturas de especies mega-térmicas, debiéndose realizar manejos para relajar las fuerzas competitivas que suelen ejercer (ej. fertilizar para satisfacer los requerimientos). Las relaciones entre individuos son más laxas y la utilización de los recursos más eficiente si hay disimilitudes entre ellos, como ocurre en combinaciones multi-específicas (comunidades).

Como todas las poblaciones, las especies forrajeras manifiestan su demografía en cohortes de plantas que coinciden en el tiempo, se

establecen, vegetan, fructifican y mueren. Algunos individuos son más exitosos que otros para aprovechar el ambiente y dejar descendencia, según prosperen o sucumban a diversas perturbaciones a las que son sometidos. Este proceso modifica la estructura genética de estas poblaciones, confiriendo habilidades superlativas a líneas genéticas favorecidas por procesos selectivos. Esta superioridad es aprovechada por los mejoradores que seleccionan eco-tipos para conformar futuros cultivares comerciales y su posible incorporación debe ser tenida en cuenta por quienes manejan los ecosistemas pastoriles. Por otra parte, el operador que identifique ecotipos superiores en el ecosistema pastoril que maneja, puede aumentar su densidad, permitiendo su fructificación, orientando la diseminación de sus semillas y protegiendo las plántulas para asegurar su establecimiento. Quienes favorezcan la presencia de líneas específicas superiores, dinamizarán el funcionamiento del ecosistema pastoril que manejan. No se trata de remplazar el recurso forrajero ya existente (y adaptado), se trata de incorporar y promover, aumentando la densidad, poblaciones superiores en sus características forrajeras, funcionales o estructurales.

Los botánicos describieron los paisajes y la morfología de las especies que los ocupan, identificándolas por sus características florales, clasificándolas con nombre y apellido en latín, asociándolas en tribus y familias. Los mayores conocimientos adquiridos sobre el funcionamiento de las especies forrajeras permiten explicar su respuesta a interacciones y perturbaciones, apreciar similitudes y diferencias en su comportamiento y, clasificarlas según su rol funcional en determinados procesos del ecosistema pastoril. Por muchísimas

razones se pueden describir *grupos funcionales*: aquellos que crecen en invierno o lo hacen en verano, los que poseen espinas o disponen sus hojas y/o tallos en forma plana o erecta, los que son altos o bajos, desarrollan raíces ramificadas superficiales o pivotantes profundas, fijan nitrógeno, elaboran taninos o, aquellos que impactan sobre determinados procesos. Se pueden comprender mejor los aspectos funcionales de determinadas poblaciones específicas, agrupándolas por su longevidad (anuales, corta o largamente perennes), por su propagación vegetativa o reproductiva, por vegetar en ambientes micro, meso o megatérmicos, en climas húmedos, mésicos o áridos, en suelos fértiles o pobres en nutrientes, por su tolerancia al estrés (defoliaciones reiteradas, inundación o salinidad). Se interpretará mejor el impacto (positivo o negativo) que tendrán sobre los procesos del ecosistema pastoril especies forrajeras que pertenecen a un mismo grupo funcional y la “redundancia” de sumar especies de un mismo grupo funcional en una mezcla forrajera. O la cooperación entre especies forrajeras



Fig. 3.1. Grupos Funcionales de leguminosas. Aquellas altas (alfalfa y trébol rojo), con raíces pivotantes y de crecimiento en épocas cálidas. Las otras bajas (trébol blanco), con estolones y raíces superficiales, de crecimiento en épocas más templadas.

pertenecientes a distintos grupos funcionales como pasto ovillo y trébol blanco, o la fuerte competencia entre aquellas pertenecientes a un mismo grupo funcional como trébol rojo y alfalfa (Fig. 3.1.). Se podrá elegir entre especies

eficientes e ineficientes en el uso del agua del suelo o aquellas capaces de prosperar en suelos sueltos o pesados. La importancia de cada grupo funcional dependerá de su contribución a la comunidad y al funcionamiento del ecosistema pastoril. Asociando especies pertenecientes a distintos grupos funcionales puede conformarse correctamente una mezcla forrajera para una nueva pastura a implantar.

Por ello no es necesario reconocer todas las especies en los distintos ambientes y nombrarlas en latín. Para evitar confusiones con abundante información que poco ilustra, es imprescindible identificar los grupos funcionales que existen y verificar si su combinación es la adecuada para explotar los recursos disponibles. Actuando así, se interpretará lo que se ve y se lo referirá al funcionamiento, diagnosticando faltantes y decidiendo introducciones. Un ejemplo surge cuando recorremos los pastizales del sur correntino y no visualizamos especies pertenecientes al grupo funcional pastos de invierno. Sin embargo, ellos existen (*Briza subaristata*, *Stipa neesiana*, *Piptochaetium spp.*) y pueden adquirir importantes densidades, habiendo sido disminuidos por las altas presiones de pastoreo en épocas frías. Entonces, habrá que buscarlos cuando florecen (en primavera) en lugares alejados de la aguada o bajo arbustos espinosos e ingeniárselas para aumentar su presencia y vigor en un proceso de varios años. De lograrlo se beneficiará al sistema, ya que vegetan en invierno, no se hielan y brindan calidad en ese momento clave para la cría y recría de vacunos u ovinos.

Un ejemplo parecido es el caso de falta de leguminosas en la Pampa Deprimida, pudiéndose incluir *Lotus tenuis*, una especie que se

ha naturalizado en la región. De prosperar, aportará nitrógeno al sistema, mejorará la calidad de la oferta forrajera en verano y otoño y permitirá dinamizar el funcionamiento de estos pastizales. Un tercer ejemplo ocurre en La Pampa y San Luis, donde solo vegetan pastos de crecimiento invierno primaveral, algunos de gran calidad forrajera, otros pajosos, entre caldenes y algarrobos. Para solucionar la falta de forraje estival se ha alentado el desmonte de 10-15% de la superficie, para permitir la siembra de pasto llorón o digitaria. La práctica agronómica no es mala, el error es que el problema no fue analizado considerando la presencia de grupos funcionales. Para su resolución bastaba con promover individuos de alguna especie nativa que pudiese cubrir el grupo funcional faltante (ej. Té Pampa, Pasto escoba, Penacho blanco, Pata de Gallo *Chloris retusa*, Pasto ilusión *Eragrostis lugens*, P. de vaca *Sorghastrum pellitum*, *Papophorum mucronulatum*, *Tricloris crinita*) o inter-sembrar las especies exóticas. Algunos lo han hecho con muy buenos resultados. De esa manera evitan quitar al árbol leguminoso, integrante de otro grupo funcional, deseado por sus muy importantes aportes de N.

Finalmente, a modo de cuarto ejemplo sobre la importancia de reconocer grupos funcionales, tomo recomendaciones publicadas sobre las mezclas forrajeras a sembrar en suelos poco profundos en la Región Pampeana. Contienen festuca, falaris y pasto ovilla, tres especies de un mismo grupo funcional. Y las leguminosas elegidas serán lotus, trébol rojo y blanco, con alta superposición en sus meses de crecimiento. En la ensalada forrajera propuesta faltan especies de un grupo funcional que vegete en verano y otoño, lo que provoca un bache productivo en el momento más cálido del año. Esa carencia es peligrosa, ya que el

terreno será cubierto por colas de zorro (*Setaria sp.*), de bajo valor forrajero y crecimiento anual, que sombreará el recrecimiento de las especies sembradas al comienzo del otoño. Quienes formularon la recomendación pueden aducir que no hay a la venta semillas de pasto miel o cola de liebre, especies nativas perfectamente adaptadas a esos ambientes y que pertenecen el grupo funcional faltante. Siempre se procuró solucionar el problema comprando las especies domesticadas en el extranjero, donde fueron desarrolladas para remediar lo que aqueja en esos lugares. Un ejemplo clásico es *Bromus catharticus*, nombrada cebadilla criolla por su origen pampeano y cebadilla australiana por el lugar de domesticación de donde fue reintroducida. En resumen, antes de proponer acciones debe apreciarse correctamente los problemas.

### **Comunidades Forrajeras: integración de poblaciones específicas**

Distintas poblaciones de valor forrajero pueden coincidir en un sitio determinado, conformando *comunidades* vegetales cuyos componentes interactúan entre ellas, aprovechan en forma diferencial los recursos disponibles y utilizan integralmente lo brindado por el ambiente. Así, en un potrero pampeano, algunas cebadillas se ubicarán en determinados focos de fertilidad y, junto a los raigrases (que crecen en manchones de suelos algo menos fértiles) prosperarán durante épocas frías. Y hallará su lugar el melilotus, que se instalará en verano por tolerar mejor el calor y frecuentes periodos de sequía. Si el manejo ha sido apropiado, podrá sumarse una leguminosa de crecimiento invierno-primaveral (trébol blanco). Y, si el suelo ha sido poco laboreado, se reinstalarán pastos nativos de crecimiento estivo-otoñal como la cola de liebre (*Bothriochloa laguroides*) y el pasto miel

(*Paspalum dilatatum*). Por tener distintos requerimientos o morfología y por vegetar en distintas estaciones del año, las interacciones competitivas entre los individuos de las diferentes poblaciones mencionadas serán débiles y la ocupación de terreno ocurrirá todo el año. En el ejemplo dado han sido cubiertos los grupos funcionales deseables: pastos y leguminosas de verano-otoño, pastos y leguminosas de invierno-primavera. Se podría determinar la falta de algún otro grupo funcional, como sería pastos perennes de crecimiento invierno-primaveral, a cubrir cuidando que ocupe un nicho propio.

Gracias a su especialización funcional, algunas interacciones entre individuos pueden ser directa o indirectamente positivas, como es el caso de las leguminosas que ceden parte del nitrógeno fijado a las gramíneas, o el mejoramiento de la estructura del suelo realizado por el crecimiento de raíces en cabellera de los pastos. Un ejemplo de interacciones negativas surge de la presencia de grupos funcionales de muy alto crecimiento (como las pajas), que sombrearán a especies de crecimiento bajo o intermedio. Sólo podrán progresar estas últimas si las primeras son disturbadas con cierta intensidad, lo que destaca la necesidad de disturbios para que se mantengan heterogeneidades florísticas. De no ocurrir tales perturbaciones, el sistema tiende al dominio de unas pocas sobre otras. Comprenderlo e implementar defoliaciones es tarea de *pastores*, que manejen las comunidades forrajeras en estos ecosistemas complejos.

Al prosperar comunidades conformadas por un puñado de especies en sitios determinados, indican perfectamente la existencia de características particulares en cuanto a suelo, escurrimiento,

exposición. Listando las especies que componen dichas comunidades, es posible identificar las que responden específicamente a ciertas particularidades de los ambientes donde vegetan. Otras especies, más generalistas, no sirven a la caracterización porque suelen vegetar en muchos ambientes. Conociendo las habilidades de las especies que las conforman, es posible comprender aspectos estructurales y funcionales de estas comunidades. Pueden verificarse así determinadas asociaciones de poblaciones que son halladas en ambientes húmedos o áridos, sobre suelos muy fértiles o pedregosos poco profundos, donde hace frío o calor, en las alturas o en las pendientes, donde sobra o falta sal, en verano o en invierno, cuando están sometidas a pastoreo o cuando no lo están, y mucho más.

En las comunidades se amalgaman poblaciones especializadas que ocupan nichos diferentes, interactúan protegiéndose o brindándose nutrientes y aumentando la productividad del sistema. Por ello, poblaciones herbáceas que vegetan asociadas en armonía, generan un entramado de roles funcionales que dinamizan los procesos que ocurren en los ecosistemas pastoriles. La existencia de una comunidad que se ha adaptado y aprovecha íntegramente los recursos de un sitio, permite, además de diferenciarla, evaluar y comprender aquello que promueve o limita su funcionamiento. Por ejemplo, el que haya tréboles y festuca en una pradera nos sugiere: un suelo fértil en fósforo que favorece al trébol, una activa fijación de nitrógeno que favorece al pasto, la existencia de determinado nivel de pastoreo para que la festuca no sombree al trébol, alta calidad y buen contenido de proteína en los forrajes si son defoliados con frecuencia, por lo que será buena su potencialidad para la producción secundaria. Y, si estas especies están

asociadas a otras de crecimiento estivo otoñal como alfalfa, trébol rojo o *Lotus corniculatus*, interpretaremos la existencia de un *continuum* productivo durante todas las estaciones del año. Esa comunidad simple vegetará en la loma y será distinta a la que vegeta en el bajo, compuesta de *Lotus tenuis* y gramillas de agua, sometidas a un régimen más húmedo. La tercera comunidad en ese paisaje estaría en la media loma, cuya superficie se encuentra más erosionada y presenta acumulación de sales, donde vegetarán melilotus, agropiro, cola de liebre y centenillo (*Hordeum stenotachis*). Para finalizar nuestra interpretación, la presencia de una vasta comunidad de pájaros revoloteando el aire sugiere disponibilidad de granos e insectos, manchones en la vegetación que permiten la nidificación y ausencia de biocidas.

El análisis de la composición de las comunidades forrajeras y de aves u otros animales que componen un paisaje, puede indicar cuán acertado es el manejo pastoril al que están sometidas e ilustrar sobre su *estado de salud*. Si el manejo generase variaciones negativas desaparecerán, y serán remplazados algunos componentes afectados por variar la recurrencia de perturbaciones, por disminuir la fertilidad (consecuencia del transporte de nutrientes que el ganado suele realizar), por ascender sales (consecuencia de la denudación parcial del suelo en la media loma), por haberse drenado y alterado el régimen hídrico del bajo. Éstas y muchas otras razones pueden determinar disminuciones en la densidad de tréboles y *Lotus*, el dominio de festuca en la loma, la presencia de gramilla (*Cynodon dactylon*) en los tres ambientes considerados, o el dominio de pelo de chanco en la media loma. Podrían también observarse síntomas de erosión superficial que indican menor infiltración del agua de lluvia, suelo desnudo y debilidad o

miniaturización en determinadas plantas. Estos cambios biológicos y físicos continuarán ocurriendo o se revertirán, como consecuencia de las múltiples retroalimentaciones que se generen.

La diversidad en las poblaciones permite soportar eventos perturbadores y los herbívoros podrán satisfacer mejor sus requerimientos y cuidar su salud. Asimismo, la abundancia de especies da estabilidad al ecosistema pastoril ya que, muchas especies establecerían pasos alternativos para los flujos de información, energía y masa. Si por determinados disturbios desaparecieran ciertas especies, otras ocuparían su lugar y el sistema continuaría funcionando. Internet se basa en un concepto similar, habiendo sido desarrollada por el interés académico de utilizar los tiempos ociosos de multitud de computadoras, mucho más veloces que la capacidad de operación de los humanos. Sus creadores lograron aportes financieros del Departamento de Defensa de EEUU, deseoso de poder acceder permanentemente a bancos de datos y operar un sistema de comunicaciones no susceptibles de ser anulados por ataques focalizados del enemigo, cosa que ocurre de existir redes troncales y ramificaciones.

### **Diversidad y sucesión**

El concepto de diversidad resulta atractivo por ser asociado con salud ambiental o porque genera satisfacción estética. Además, es más fácil producir en comunidades diversas, que requieren muy poco mantenimiento frente a los esfuerzos que deben realizarse para mantener un cultivo puro (ej. evitar su enmalezamiento, atender sus requerimientos nutricionales y atenuar los efectos de eventos perturbadores). El funcionamiento armonioso de un ecosistema pastoril

surge de una diversidad de comportamiento de poblaciones (vegetales y animales) que interactúan en las comunidades. Una dinamización de los flujos sumado al acrecentamiento del nivel de recursos y su total aprovechamiento, conferirá mayor productividad al ecosistema. Por otra parte, variadas respuestas alternativas permitirán superar las perturbaciones y lo dotarán de mayor resiliencia.

Lo planteado hasta ahora implica que no se trata de sumar sino de amalgamar especies funcionalmente distintas. De nada vale un sinnúmero de pastos anuales con ciclos fenológicos similares, que brindarán poca estabilidad a la comunidad por ser efímeros y pasar parte de su ciclo como semillas. O, agrupar pastos perennes de crecimiento otoño- invierno- primaveral, con requerimientos parecidos y poca posibilidad de prosperar en veranos calurosos. Es redundante sumar poblaciones que funcionan similarmente (canales paralelos), ya que no contribuyen a aumentar el dinamismo ni la estabilidad del ecosistema pastoril. En cambio, se ha comprobado la conveniencia de agrupar especies que funcionen en forma diferente (canales alternativos). Se deben conformar, por siembra, inter-siembra o manejo, comunidades diversas donde se asocien poblaciones específicas pertenecientes a distintos grupos funcionales.

Las mezclas forrajeras deseables para un determinado sitio, surgen de combinar especies con distinta longevidad, con raíces capaces de explorar diferentes horizontes del suelo, que vegeten a distintas temperaturas, que soporten diferencialmente la sequía, cuya inserción foliar fuera erecta o plana, cuyo hábito de crecimiento fuera erguido o rastro, cuya forma de propagación fuera vegetativa o

reproductiva. Este concepto vale tanto para diseñar las pasturas a cultivar, como para analizar las comunidades forrajeras existentes en los ecosistemas pastoriles y decidir su manejo. Usando este criterio, en los pastizales de NE Argentino debería aumentarse la densidad de pastos y leguminosas de crecimiento invierno primaveral y, en los bosques abiertos de *Prosopis* o el monte de jarillas sería ideal sumar cabras (ramoneadores) a la comunidad de herbívoros para aprovechar los brotes de plantas arbustivas. Un ejemplo de una asociación muy simple y altamente deseable es combinar alfalfa con cebadilla, ya que la alfalfa aportará nitrógeno a la cebadilla y a los micro-organismos del suelo, ambas especies crecerán en distintas estaciones del año, su morfología radicular les permitirá explorar distintos horizontes edáficos y el mantillo aportado por la cebadilla mejorará las condiciones ambientales en la superficie del suelo y su estructuración, con el consiguiente aumento en la descomposición de la materia orgánica y en la infiltración del agua de lluvia.

Las comunidades pueden enriquecerse en su calidad forrajera y dinamismo funcional, como consecuencia de interacciones y de perturbaciones que pudieran beneficiar a poblaciones deseables. Tal es el caso de lo que ocurre sobre suelos muy fértiles en fósforo en Patagonia, en sus oasis, praderas artificiales o jardines residenciales, donde vegetan poas, cebadillas y trébol blanco. Si la pastura es defoliada intermitentemente, quedará bien iluminado el trébol rastroso, lo que permitirá que sus estolones prosperen y arraiguen en sitios libres. La abundancia de azúcares en sus raíces activará los nódulos que fijarán nitrógeno de la atmósfera, lo que permitirá el establecimiento de plántulas de cebadilla y su desarrollo posterior. Por el contrario, si la

pastura crece sin ser disturbada, será sombreado el trébol, se reducirá la fertilidad y no habrá espacios libres para que prosperen las plántulas de cebadilla. Lo descrito ilustra el concepto de *variación sucesional*, ya que las especies se suceden unas a las otras, en comunidades diversas. Una determinada conjunción de factores puede debilitar a las poblaciones deseables, impedirles fructificar o establecerse, que se miniaturicen o desaparezcan las plantas, prosperando en su reemplazo especies poco deseables o indeseables. Por otro lado, la implementación secuencial y acertada de disturbios y descansos, permitirá que las especies colonizadoras incrementen la disponibilidad de recursos, que serán aprovechados por otras especies de mayores requerimientos y productividad, confiriéndose a la sucesión un dinamismo virtuoso. En la comunidad ideal se observará un funcionamiento armonioso de las poblaciones, que tolerarán perfectamente la secuencia de perturbaciones de naturaleza variable que ocurren en los ecosistemas pastoriles.

El proceso por el cual las poblaciones vegetales se suceden unas a otras, enriqueciendo o empobreciendo determinadas comunidades, ha sido llamado *sucesión*. Este concepto permite evaluar el estado de salud de comunidades forrajeras, reconociendo el efecto del modo de pastoreo sobre determinadas especies deseables. Considera que, al disminuir su vigor y reducirse su capacidad de interacción, el espacio es cedido al ser invadido por otras poblaciones menos deseadas. Un modelo conceptual de sucesión en equilibrio fue sugerido tempranamente en el siglo XX ([Clements](#) 1916, [Sampson](#) 1917, Fig. 3.2) asumiéndose que:

a. Una alta presión de pastoreo produce disturbios que apartan la

comunidad forrajera del equilibrio (condición excelente) provocando cambios progresivos en la vegetación que alcanzará estadios de condición regular a pobre.

- b. En ausencia de pastoreo o al ser reducida la carga animal, la vegetación tiende a recuperar su condición buena o excelente, como consecuencia de un proceso de sucesión en el cual regresan las especies deseables, desplazando a las invasoras.

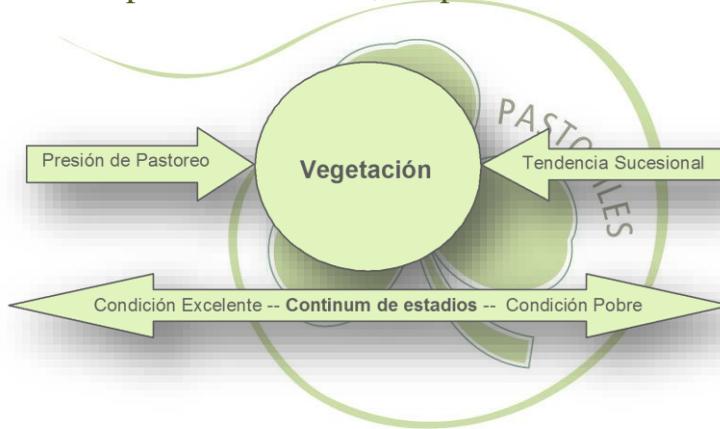


Fig.3.2. Modelo general de sucesión en equilibrio de comunidades forrajeras

El modelo conceptual descrito es ampliamente aceptado por ser fácilmente reconocibles los estadios que se hilvanan en un verdadero *continuum*. Así, se reconoce como excelente y se le asignará un puntaje alto, tanto desde el punto de vista ecológico como productivo, a una pastura recién sembrada y bien mantenida, con alta densidad de buenas leguminosas y gramíneas forrajeras o, a un pastizal rico en plantas deseables. Por otra parte, la presencia de malezas o pastos poco apetecibles, el debilitamiento de plantas deseables o una falta de cubrimiento del suelo, serán indicios para asignar una condición pobre a la comunidad vegetal. Se puede evaluar la “salud” de la vegetación, según su *condición* y *tendencia*. Si la condición de una comunidad pastoreada es buena y su tendencia ha sido estable o

positiva en los últimos años, puede considerarse que la comunidad es saludable y que las prácticas de manejo implementadas han sido efectivas. Si, por el contrario, la tendencia ha sido negativa, lo que es visualizado por la presencia de especies indeseables y/o por indicios de erosión hídrica, se determinará una salud deficiente y la necesidad de mejorar el manejo. Monitoreando anualmente la vegetación, puede establecerse su salud y cuán adecuado es el manejo implementado.

Este modelo asume que la comunidad vegetal es alejada del equilibrio por pastoreos y que retorna a un punto de equilibrio cuando se modera o elimina el disturbio del pastoreo, no se ve reflejado en las comunidades de muchos ecosistemas pastoriles. Si se retiran los herbívoros en ambientes altamente productivos, se alentará el crecimiento en altura de la vegetación, poblándose de especies arbustivas o pajas de alto porte, cuya abundante biomasa madura, muere y se acumula. La sombra generada reducirá la presencia de pastos o leguminosas de porte mediano, aumentará la separación entre matas, lo que favorecerá el establecimiento de especies exóticas (en los claros) después de la ocurrencia esporádica del fuego. Esta situación descrita, no deseable desde el punto de vista ecológico ni pastoril, ocurre en varios Parques Nacionales del Noreste Argentino, donde se evitan los disturbios. También ocurre en muchísimos establecimientos ganaderos por sobreabundancia de oferta forrajera en verano-otoño.

[Noy-Meir](#) y otros propusieron un modelo conceptual alternativo sobre la forma en que varían las poblaciones específicas y transitan a las comunidades forrajeras entre estados distintos estados

de atracción. Este modelo conceptual considera que las respuestas de la vegetación al pastoreo no suelen ser continuas, reversibles y consistentes con el modelo anterior. Cuestiona la existencia de cierta homeostasis, mantenida mediante procesos de retro-control generados por interacciones entre los componentes de estos sistemas naturales. Sugiere que las dinámicas en muchísimos ecosistemas están dominadas por fuerzas externas aleatorias, que pueden mover el sistema de un punto a otro, sin ocurrir regresos a un estado de equilibrio. Por ello, proponen describir las dinámicas de la vegetación haciendo constar la existencia alternativa de diversos *estados* de la vegetación y las posibles causas que generen las *transiciones* entre dichos estados. Por ser este modelo poli-direccional, que no interpretan la existencia de un *clímax* sino que describen la realidad observada en los sitios, permiten una mejor descripción de la dinámica de las comunidades vegetales que conforman los pastizales (Fig. 1.2).

Numerosos modelos de “estados y transiciones” han sido propuestos para describir las más variadas situaciones ambientales. Para construirlos, los autores inicialmente catalogan y describen todas las comunidades vegetales y características estructurales (estados discretos) que puedan ocurrir en sitios similares de un mismo ambiente pastoril. Seguidamente, asumen la ocurrencia de las transiciones entre los estados, resumiendo los eventos perturbadores y condiciones que las inducirían. Los autores consideran que estas transiciones son disparadas por eventos naturales (sequía, fuego) o por acciones de manejo (cambio de la carga animal, fertilización), que pueden ocurrir en forma aislada o conjuntamente, con alta o baja frecuencia, muy rápidamente (como un fuego) o durante un periodo (mientras crece el

nivel del agua en un estero). Se trata de sugerencias, ya que no se dispone de conocimientos suficientes para explicar cómo funcionan las comunidades vegetales o cómo se suceden las poblaciones en determinados ecosistemas pastoriles. Sin embargo, conformar estos modelos conceptuales de “estados y transiciones” sirve para tener idea de los procesos que ocurren e imaginar formas de promoverlos o minimizarlos.

Vale, como ejemplo, la interpretación de cómo evolucionó el Bosque de Caldén, que ocupa zonas pampeanas con precipitaciones entre 400 y 600 mm anuales. Originalmente, la sabana de *Poa ligularis* incluía algunos individuos de caldén, con árboles adultos que alcanzaban los 10 a 12 m de altura. La densidad de arbustos era muy baja o nula en zonas de suelos arenosos y los árboles de especies leguminosas caducifolias (*Prosopis* sp) aportaban nitrógeno que permitía el crecimiento invernal de pastos finos de muy buena calidad forrajera. Fuegos esporádicos mantenían el paisaje, corriendo rápidamente sobre el estrato herbáceo y eliminando arbustos pequeños y liberaban recursos que dinamizaban al pastizal, sin afectar a los árboles. La acción del hombre sumó a la tala indiscriminada el sobre-pastoreo, lo que disminuyó la frecuencia de fuegos en el ecosistema, acciones que promovieron la invasión de arbustos y algunas pajas, cuya biomasa se acumuló. Hoy, al incendiarse el bosque con fuegos intensos que desarrollan altas temperaturas, sucumben los grandes árboles, brotando numerosas yemas basales lo que convierten el antiguo y abierto bosque en un fachinal cerrado.

El nuevo estado es una estepa arbustiva, de escaso valor pastoril, que no retornará naturalmente al estado original. Lo descrito puede ilustrarse como tres “estados” (Bosque de caldén abierto, B. de caldén cerrado, Estepa arbustiva -fachinal-) (Fig.3.3), existiendo transiciones

reversibles entre los bosques (permitiéndose o no el pastoreo) y no reversibles entre el segundo y tercer estado, habiéndose en este último perdido la dominancia apical de los tallos de los árboles.

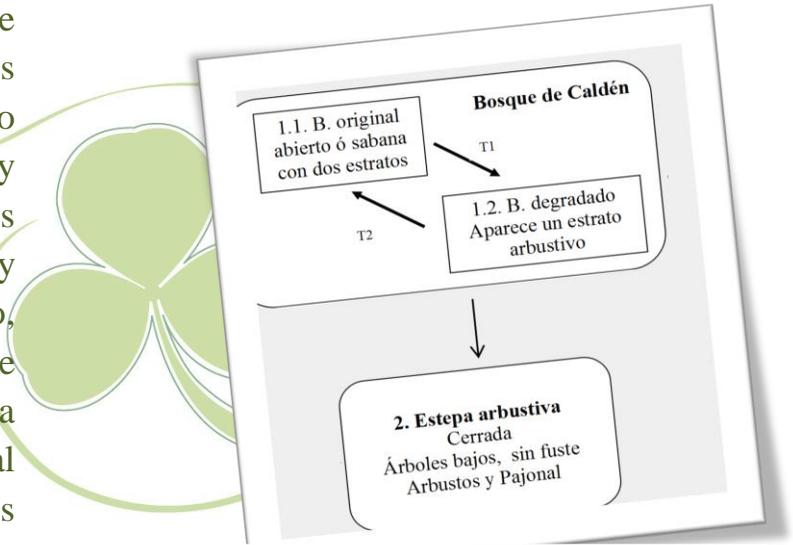


Fig. 3.3. Estados y transiciones propuestos por Distel para el Bosque de Caldén

## Procurando alta diversidad

De la misma forma en que se recomiendan mezclas forrajeras para sembrar excelentes pasturas, se puede diseñar la comunidad forrajera ideal para cada ambiente pastoril e implementar acciones para lograrla. Esto permitirá el mejoramiento o adecuación de lo existente, que está muy bien adaptado, enriqueciéndolo con algunas especies inexistentes o poco conspicuas sin perder estabilidad. Usualmente se trata de debilitar las especies dominantes y promover otras, conformando comunidades forrajeras diversas y más dinámicas, donde se asocien poblaciones pertenecientes a grupos funcionales distintos.

Estas manipulaciones sólo pueden ser hechas si se comprenden los procesos que ocurren en los ecosistemas pastoriles, favoreciendo la existencia de determinadas poblaciones específicas capaces de contribuir a la dinamización de flujos y activación de procesos. Dicha manipulación puede realizarse para satisfacer los más diversos objetivos, desde aumentar la producción y calidad forrajera, hasta garantizar la perdurabilidad del ecosistema. La forma de realizarlo es la *secuenciación de disturbios y descansos*, para debilitar primero las especies presentes y permitir la diseminación y el establecimiento de aquellas que deseamos introducir, después. Por supuesto que, para diseñar la estrategia, se requiere agudeza para analizar las situaciones, conocimientos para diagnosticar los problemas, creatividad para plantear las posibles soluciones, audacia para proponer los objetivos e ingenio para desarrollar la tecnología adecuada. Para implementar lo decidido se requerirá una destacable capacidad de ejecución y un constante monitoreo de los resultados.

En las comunidades forrajeras de nuestro país, nativas o cultivadas, es excepcional hallar todos los grupos funcionales deseables, amalgamados proporcionalmente. La mayoría dista de ser ideal o excelente, como consecuencia de su conformación original y del deterioro causado por una inadecuada utilización. Hubo estepas pastosas en los Llanos de la Rioja, que dieron sustento durante la época colonial para la cría de equinos y mulares destinados a las minas de Chuquisaca, convertidas ahora en fachinales poco transitables, poblados de arbustos. En Regiones del Noreste, hay sitios húmedos donde pajas en alta densidad cubren desde siempre a las especies intermedias deseables, o pastizales en condición pobre donde las

leguminosas forrajeras han desaparecido por efectos del sobrepastoreo. Ante esta realidad, quienes desconocen el funcionamiento de los ecosistemas pastoriles, plantean la necesidad de reemplazar el tapiz vegetal deteriorado por especies forrajeras mejoradas disponibles en el mercado. Dicho reemplazo, tendiente a aumentar la productividad y calidad de los forrajes, reduce inevitablemente la diversidad florística e introduce especies poco adaptadas al ambiente. En la mayoría de los casos en que se recomienda arar y volver a sembrar, una mirada conocedora descubrirá cantidad de especies forrajeras deseables empujadas en las áreas más visitadas o floreciendo en sitios alejados de la aguada o protegidas por arbustos o matas altas. Tal es el caso de los *Trichloris sp.* ó *Piptochaetium sp.* donde hay Algarrobos en Catamarca y La Rioja, de las *Poas* y *flechillas* en el Monte sur (Mendoza - Río Negro) y en Patagonia, de las cebadillas, porotillos y arvejillas en el NE Chaqueño, de los pastos blandos y los pega-pega en el NE Correntino, de la cola de lagarto y *Brizas* en los pocos pastizales que restan en Entre Ríos, y muchas, pero muchas otras comunidades de valor en el territorio de la Argentina. Aún en el caso de viejas pasturas con predominio de festuca o agropiro en nuestras Pampas, contamos con una base forrajera muy adaptada al ambiente que puede ser convertida en una comunidad ideal. Gracias a que los ambientes pastoriles son vegetados por sistemas abiertos y No-estables, es posible actuar en todas estas situaciones, manipulando componentes, abriendo flujos tapados y orientando la transición. En sitios donde dominen especies que no son funcionales a nuestros propósitos pastoriles, deberemos debilitarlas y disminuir su dominancia, liberando los recursos por ellas capturados. Donde las plantas han perdido vigor y los suelos fertilidad, brindaremos largos descansos de recuperación y

realizaremos enmiendas. Así, en comunidades que carezcan de determinadas especies funcionales a nuestros propósitos pastoriles, procuraremos incorporarlas y diseminarlas mediante ingeniosas acciones. Guiar el tránsito de las comunidades hacia los estados deseables, son procesos lentos, paulatinos, a veces baratos y que suelen resultar exitosos. Lograda la comunidad forrajera ideal, es cuestión de mantenerla mediante un manejo adecuado.

Los productos comercializables obtenidos en los ambientes pastoriles son proteínas (carne, leche, lana, pelo) por lo que toda comunidad forrajera ideal debe contar con leguminosas que fijen nitrógeno. Tal fijación servirá también para balancear el N que se pierde por volatilización, dinamizando así el funcionamiento del ecosistema pastoril. Ejemplo de ello son los espectaculares valles del sur argentino, donde prosperan pastos de calidad. La densidad y productividad en esos mallines o vegas está dada por la densidad del trébol blanco, verdadera máquina de fijar nitrógeno en esos suelos riquísimos en fósforo y calcio. Si el trébol es sombreado por falta de pastoreo y deja de funcionar, pierden vigor y densidad estos oasis pastosos en medio del semi-desierto frío. Si no se mantiene tal maquinaria productiva de forraje puede perderse más de diez toneladas anuales de materia seca de forraje capaces de provocar aumentos diarios de peso en novillos y vaquillonas que pueden superar el kilo y medio por día. Donde hay humedad y suficiente fósforo en el suelo, el trébol blanco (que requiere 20ppm de P en el suelo) vegeta inyectando N, lo que da diversidad y dinamismo al ecosistema pastoril. Eso sucedió en campos cercanos a Tapalqué, Buenos Aires, donde la fertilización fosfatada permitió que prospere inicialmente el trébol blanco entre un mar de festuca. Un año

después, se generó un denso e inestimable tapiz invernal de plantas de raigras, que aprovecharon el nitrógeno fijado mejor que las matas de festuca. En suelos menos fértiles hay leguminosas de menor jerarquía, pero moderadamente “dinamizadoras”, que pueden ser promovidas. Variando la modalidad de pastoreo y suspendiendo las quemas es posible llenar de *Lotus tenuis* las media-lomas y los bajos húmedos de la Pampa Deprimida, de *pega-pega* los densos pastizales del litoral o, de *arverjillas* y *porotillos* el norte santafecino y chaqueño. Ni que decir de la posibilidad de diseminar *Desmanthus virgatus*, señalada como muy promisoría leguminosa herbácea perenne, originaria del centro norte de nuestro país. En esas regiones también es válido promover una laxa cobertura de leguminosas arbóreas del género *Prosopis* sp. (*caldén*, *algarrobos*, *espinillos*, *ñandubay*, etc.) que aportan hojas y brotes que suelen ser ramoneados y de las cuales cae una lluvia otoñal de hojas que protege y enriquece el suelo. También caen de los árboles en otoño sus legumbres ricas en proteína, que son ávidamente consumidas por el ganado. La presencia de éstas y muchas otras leguminosas en las comunidades forrajeras garantizará una mayor calidad y consumo de forraje, y el aporte de nitrógeno, un nutriente siempre deficitario.

Similarmente, se puede incorporar o promover pastos que permitan prolongar la estación de crecimiento en muchos ecosistemas pastoriles. La existencia de cebadillas y raigrases garantizarán el crecimiento de forraje en invierno en el centro y noreste, mientras que la incorporación de pastos de crecimiento estivo- otoñal, como *pasto miel*, *cola de lagarto*, *pasto llorón* y *Papophorum*, en el centro del país, permitirá su utilización estival. Algunos ensayos han mostrado un 25%

de aumento en la producción anual de forraje, promoviendo la presencia de pasto miel y prolongando hacia el verano el crecimiento de una pastura de festuca y lotus, sin haber fertilizado. Defoliando intensamente “a diente” y sin fertilizar, se promovieron raigrases en un pastizal en la Pampa Deprimida, desplazando hacia el invierno la producción forrajera y reduciendo su marcada estacionalidad estival, sin variar la producción anual de forraje. Normalmente las especies faltantes han disminuido por ser intensa y frecuentemente defoliadas por los herbívoros en pastoreo continuo, por ser sumamente apetitosas en determinadas épocas con baja producción de forraje. Que sea escasa la presencia de cebadilla chaqueña, en las sabanas del Chaco, o de la *avena de los bañados* en los muy comunes ambientes palustres del litoral este de la Argentina, obedece al ávido pastoreo por animales que las desean en invierno, cuando no es suficiente el forraje verde. Se puede encoger de hombros y culparlos de perjudicar a las especies deseables o reconocer la responsabilidad de los decisores, quienes deberían capacitarse para recuperar la riqueza florística de dichos ambientes, con *ingenio pastoril*.

### **Identificación de heterogeneidades**

Para decidir acertadamente la implementación de las más diversas prácticas pastoriles, resulta fundamental mapear y describir las comunidades vegetales. Este estudio, previo a implementar un plan de manejo pastoril, comienza con la identificación de las comunidades vegetales, que indicarán diferencias de recursos, permitiendo describir problemas y fortalezas de los muy heterogéneos ecosistemas pastoriles. Mediante esta acción se podrá discriminar la heterogeneidad ambiental y funcional entre sitios, asociando las comunidades forrajeras a las

características de determinados ambientes, y explicar la heterogeneidad estructural y funcional, espacial y temporal, de un ecosistema pastoril. Meros listados florísticos, permiten mapear heterogeneidades e intuir las razones de estas diferencias. En caso de conocerse los aspectos funcionales de las diferentes especies que conforman determinada comunidad, se podrá analizar la eficiencia en el uso de los recursos y diagnosticar vacancias que pueden ser resueltas. Para ubicar variaciones en el terreno es preciso mapear previamente el área en estudio, apoyado por fotografías o imágenes satelitales, esquematizando a grandes rasgos el patrón del paisaje. Sobre el terreno se diferenciarán los manchones por su estructura y fisonomía, identificando las distintas comunidades mediante un censo florístico, que nos informará sobre la presencia de ciertas especies o grupos funcionales. Deberá, también, interpretarse si las diferencias observadas se deben a variaciones ambientales (que determinan comunidades) o funcionales (que sugieren estados de las comunidades). Al regresar del campo, se confeccionará un mapa localizando las heterogeneidades registradas y, los manchones que la representan o representa a otras comunidades (Fig. 3.4).



Fig. 3.4. Heterogeneidad espacial: Mapeo de distintas comunidades forrajeras en un establecimiento rural al O de Pehuajó, Bs. Aires

Es sumamente ilustrativo observar la superficie del suelo en el terreno, buscando síntomas que puedan indicar aspectos funcionales del ecosistema pastoril, como son la infiltración del agua de lluvia, la circulación de nutrientes y el flujo de energía. Indicios que informan sobre la proporción del agua de lluvia que infiltra son la cobertura del suelo con restos vegetales, su porosidad o presencia de costras superficiales, la acumulación de residuos en los micro desniveles superficiales. También puede constatarse la profundidad a la que infiltró el agua en el perfil del suelo, después de una lluvia abundante. Para interpretar el flujo de la energía, debe apreciarse el verdor de la vegetación y la cantidad de tejido estructural, observando la presencia de plantas rastreras, planófilas o erectófilas, la debilidad o vigor de plantas de especies deseadas, la presencia de coronas y centros muertos en los pastos perennes o, la conformación de las bostas. Por último, permite interpretar aspectos que hacen a la circulación de nutrientes la observación de variaciones en la densidad de bostas en distintos lugares, en la presencia de leguminosas, en el cubrimiento del suelo con broza, en la presencia y actividad de insectos del suelo, o en la acumulación de biomasa en pie de distintas especies.

Para interpretar la heterogeneidad temporal en la productividad de la vegetación hay que cortar muestras, secarlas y pesarlas, estimando por diferencia las biomásas forrajeras que se acumulan durante un periodo determinado. Esta información suele relacionarse con variables climáticas (ppt, evapotranspiración, temperatura) o con meses calendarios. Esto último ilustra pero no predice, ya que no hay dos años iguales climáticamente. Una herramienta poderosísima surge de componer el *índice verde* al analizar las imágenes satelitales, lo que da

idea de la actividad fotosintética de la vegetación. Graficando las fluctuaciones del índice verde se determinarán picos y valles que varían dentro y entre años. Correlacionando estas variaciones en el índice verde con estimaciones de productividad realizados por corte (durante un mínimo de dos años) se puede ajustar la relación existente para cada sitio y confeccionar registros históricos que nos darán cuenta de eventos y tendencias para todos los años de los que dispongamos de imágenes satelitales. Si bien no es posible predecir el futuro, ayudará a la adopción de decisiones la confección de un balance forrajero *en tiempo real*.

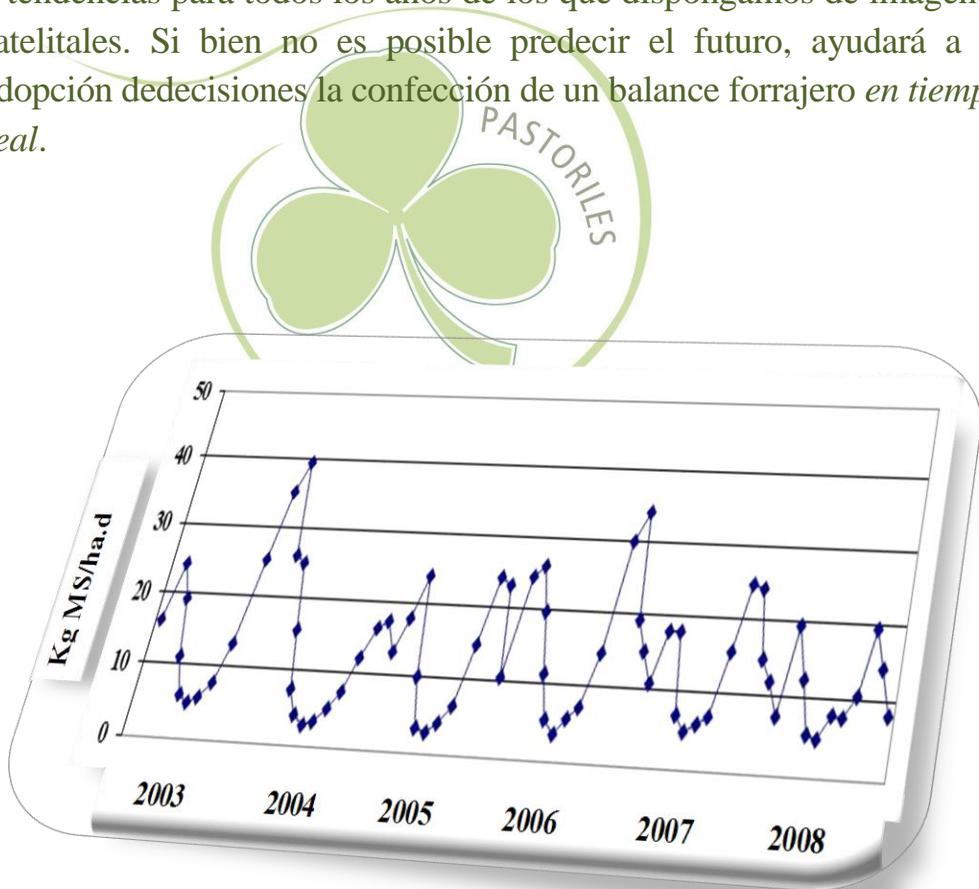


Fig. 3.5. Heterogeneidad temporal: Ciclos en la producción de forraje (promedios mensuales) de una comunidad inundable en Ayacucho, Bs. Aires

*La condición de la vegetación que cubre ambientes pastoriles en más de 200 millones de hectáreas en la Argentina, es regular a pobre. Dominan pajas y arbustos, además de especies de bajo valor forrajero. En las praderas escasean leguminosas herbáceas y pastos finos de crecimiento invernal. Los deterioros son consecuencia del desconocimiento que impide, a quienes los utilizan, comprender las consecuencias de malos manejos y pastoreos continuos. Con los conocimientos actuales se puede interpretar correctamente el estado de la vegetación, aspectos funcionales del ecosistema pastoril y las consecuencias de los manejos. Se puede agrupar las poblaciones específicas en grupos funcionales y determinar faltantes florístico-funcionales, para diseñar comunidades ideales. Se puede estimar variaciones estacionales en la oferta de forraje, para anticiparlas. Observando síntomas, se puede interpretar limitaciones en las funciones del ecosistema. Separando ambientes, se puede implementar manejos diseñados para cada uno. Describiendo transiciones entre estados, se puede imaginar la forma de revertir deterioros, re-dirigiendo tendencias. Se puede orientar la sucesión según determinados objetivos, disturbando para debilitar a las dominantes y reduciendo la frecuencia de pastoreo sobre las dominadas o deseables. Siguiendo las indicaciones de los ingenieros pastoriles, cada ambiente pastoril transitará a estados deseable o excelentes. Ascenderá por la espiral virtuosa.*



## Capítulo 4. La Planta Forrajera



Todas las plantas de la tierra son forrajeadas, en distinto grado, por herbívoros de diversos tamaños, desde insectos hasta grandes mamíferos. Constituyen el nivel inicial de las cadenas tróficas. En procura de su sustento, los herbívoros medianos a grandes, domésticos o silvestres, defolian sus hojas, seccionan sus brotes, roen su corteza y hasta las descalzan para consumir succulentos órganos subterráneos. Indudablemente, este accionar hace daño a las plantas, afectando su crecimiento, vigor o capacidad de supervivencia y reproducción. Pero, ¿es totalmente perjudicial la acción predatoria que ejercen los herbívoros sobre las plantas? En el mundo vegetal han evolucionado innumerables estrategias para que esto no sea así. Y los pastos han evolucionado en paralelo con los herbívoros que nos interesan durante decenas de millones de años.

## Evasión y tolerancia

Muchas especies vegetales logran *evadir* el forrajeo, por ser pequeño su tamaño. O se defienden desarrollando espinas o produciendo compuestos que resultan desagradables o tóxicos para los animales que consumen sus tejidos. También, evitan el pastoreo al conformar estructuras caulinarias que pierden calidad nutritiva cuando maduran y protegen brotes o nuevas hojas. Las estrategias defensivas tienen su costo, ya que se requiere energía para el desarrollo de espinas u otros impedimentos anatómicos o para producir sustancias químicas complejas. Para economizar gastos, ese grupo de plantas destinan aumentan el tamaño de sus espinas o la concentración de toxinas cuando sus tejidos son ramoneados o pastoreados. O sea que ¡las plantas *perciben* el ataque de los herbívoros y responden en consecuencia! Si no invirtieran en su estrategia de defensa y evasión o, si lo hiciesen en demasía, correría riesgos la perpetuación de la especie. De existir en el reino vegetal solo especies capaces de evadir la herbivoría, desaparecerían los subsiguientes componentes en las cadenas tróficas, incluyendo la especie humana. Afortunadamente, hay plantas que evolucionaron con una estrategia de adaptación alternativa, que les permite *tolerar* importantes remociones de tejidos vegetales y, en consecuencia, brindar el sustento a los herbívoros. Diversas fuerzas selectivas determinaron esta evolución, agregándose a la defoliación por parte de los herbívoros perturbaciones como las sequías o el fuego. Esto ocurre hace decenas de millones de años, desde que el mundo comenzó a secarse y las florestas se abrieron dando lugar a estepas, apareciendo los pastos (Gramíneas) casi simultáneamente con herbívoros capaces de desplazarse largas distancias. Esto sugiere que diversas fuerzas (pastoreo, sequías, fuego) fueron modelando co-

evolutivamente a las especies forrajeras y a los herbívoros, determinando selecciones que permitieron una perfecta adaptación entre plantas y herbívoros, contribuyendo a originar la capacidad de tolerar en las plantas. Estas características de plasticidad fenotípica en respuesta a las defoliaciones, que han sido programadas evolutivamente, determinan la probabilidad que tiene cada planta de perpetuar la especie. Quien hoy determine e implemente acciones pastoriles deberá conocer las características morfológicas y fisiológicas que confieren tal tolerancia a las plantas forrajeras, para orientarlas positivamente.

Cuando las plantas forrajeras sufren el efecto de la defoliación, se reduce su capacidad para captar energía radiante, disponiendo de menos energía para crecer, explorar el suelo y absorber nutrientes. Lo destacable es su capacidad de recuperación, conforme a una serie de mecanismos que les permiten *compensar* y, hasta *beneficiarse*, del accionar de los herbívoros. Esta adaptación evolutiva, propia de las especies forrajeras, reúne características fisiológicas que les permiten reasumir el crecimiento luego de la defoliación mediante adecuaciones morfo- fisiológicas. Analizar las estrategias que permiten tal tolerancia en las plantas forrajeras, implica describir su morfogénesis y estrategias de crecimiento.

### **Estructura modular**

Todas las plantas del universo vegetal están conformadas por *módulos* (brotes o macollos) que son ensamblados dando variados diseños arquitectónicos a la estructura de las plantas (Fig. 4.1). Por ello

debe considerarse que la planta forrajera no es una unidad simple sino una colección de sub-unidades. La comprensión de la existencia de unidades modulares reiteradas constantemente es el punto inicial para entender aspectos demográficos que ocurren en los individuos separados y sirve para explicar la dinámica de los pastos en la pastura.

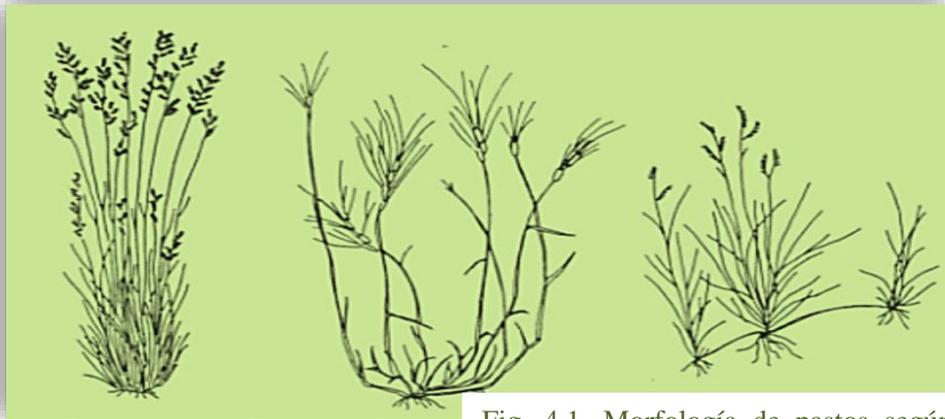


Fig. 4.1. Morfología de pastos según la conformación de sus módulos

Confiere perennidad a todas las plantas forrajeras su capacidad de renovación de los módulos, que nacen, se desarrollan y mueren. Los macollos o brotes pueden estar unidos a un único tallo y raíz o, constituir una secuencia capaz de independizarse de la unidad madre, desarrollando y arraigando sus propias raíces. Pueden permanecer sujetos a un único eje (alfalfa, trébol rojo, trébol de olor) o independizarse en numerosos ejes (gramíneas, trébol blanco, hierbas decumbentes). Las plantas forrajeras logran reproducirse vegetativamente mediante la escisión de sus módulos del eje central, colonizando nuevos ambientes. Como el módulo al nacer es nutrido por la planta madre, la viabilidad de la colonización vegetativa es muy alta.

Por la estrecha asociación existente entre los módulos (cuando están unidos) se considera que muchas plantas forrajeras no son individuos, sino que conforman una *meta-población*. La etimología del prefijo “*meta*” expresa el concepto de compartir, de tener acción en común, como ocurre cuando los módulos comparten los recursos energéticos y minerales, y cuyo accionar responde a señales hormonales. Por tratarse de meta-poblaciones y no de individuos, las plantas forrajeras pueden ser extremadamente longevas, viviendo siglos, y pueden modificar su conformación estructural con el transcurso del tiempo. Una planta forrajera aumenta o disminuye su tamaño según sea el balance entre el nacimiento o muerte de sus módulos. En estos procesos demográficos, los módulos juveniles con determinadas carencias suelen ser nutridos por el resto de los módulos que conforman la planta, lo que asegura la altísima viabilidad de la reproducción vegetativa. Según sea su historia de vida, la disponibilidad de recursos o su percepción señales del ambiente (que varían como consecuencia de los recurrentes disturbios a que están sometidos los ecosistemas pastoriles) las plantas forrajeras pueden adecuar sus formas, pasando de un hábito erecto a otro prostrado, de poseer pocas hojas a foliar profusamente, de ser su tapiz poco o muy denso, de florecer profusamente a no hacerlo para nada, de arraigar o no sus raíces en determinado sitio. Por ejemplo, adquieren una estructura plana en caso de percibir espacio libre y erecta ante la presencia de plantas vecinas.

Completa las características morfológicas de las plantas el hecho que cada módulo individual está compuesto por una serie de unidades, los *fitómeros* originados a partir de las yemas apicales y axilares. Todos los fitómeros presentan una misma serie de órganos diferenciados: la

hoja y su yema axilar, más el nudo y un entrenudo (que puede o no haberse alargado) (Fig. 4.2). Las hojas están compuestas por la lámina foliar sostenida por el pecíolo (en hierbas y legumbres) o las vainas (originando pseudo-tallos en los pastos). La yema meristemática axilar, ubicada en la unión de cada hoja con el nudo, es capaz de dar origen a un nuevo módulo, lo que reitera el crecimiento secuencial descripto. Los meristemas intercalares son los responsables del alargamiento de entrenudos, vainas y láminas foliares, movilizandolas en alto u horizontalmente. Cuando los entrenudos no se desarrollan, los meristemas axilares conforman una corona basal y evaden la defoliación por los grandes herbívoros.

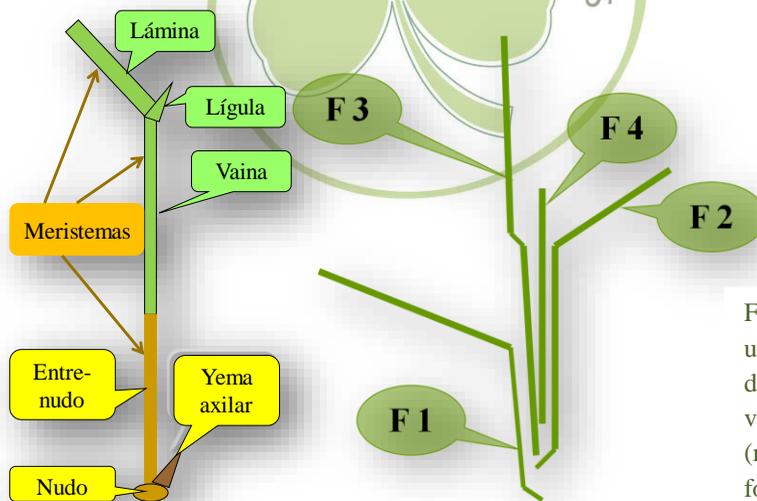


Fig. 4.2. Conformación de un fitómero (unidad básica de construcción) y que a su vez conforman un macollo (módulo) de una planta forrajera

Mientras que el crecimiento de las raíces de las plantas es continuo, la parte aérea crece en forma secuencial, por la iniciación, auge y culminación del crecimiento de cada órgano (macollos, hojas, tallos). De esa manera, el crecimiento aéreo integra las series de crecimiento de distintos órganos, parcialmente independientes y

originados en diversos meristemas. Los tallos pueden no verse o ser erectos o decumbentes, aéreos o subterráneos, lo que determina la morfología de cada especie forrajera y sus hábitos de crecimiento cespitoso o rastrero. Las hojas y los macollos tienen un ciclo de vida limitado ya que, luego de desarrollarse y crecer, envejecen y mueren. Las gramíneas forrajeras tienen un máximo número de hojas vivas por macollo, alcanzado el cual, por cada hoja nueva que se produce, muere la hoja más vieja. Según la intensidad a la que son defoliados, los pastos pueden conformar un denso ramillete de hojas, muy deseable para los herbívoros, o un denso manojo de sólidas vainas foliares o varas florales, disuasivo para los herbívoros. De no ocurrir la defoliación, los tallos y hojas morirán en pie, sombreando los horizontes superficiales, por lo que no brotarán las yemas basales generando módulos nuevos. Esto último es observable en sitios forrajeros sub-pastoreados.

### **Percepción y movimiento**

Las plantas compensan su falta de sentidos *percibiendo* el ambiente que las rodea a través de señales químicas, lumínicas, hídricas y térmicas, y su falta de músculos motores, *moviéndose* gracias a su plasticidad morfogénica. Esta plasticidad les permite modificar su tamaño, estructura y posición, al variar las tasas de aparición y crecimiento de sus módulos. Así responden las plantas a estrés hídrico, variaciones estacionales o situaciones de vecindad. Pueden incluso *elegir* los ambientes a ocupar, mejorando su capacidad de captación de recursos y habilidad competitiva, aumentando su *fitness*. Por estar los campos de pastoreo permanentemente sujetos a disturbios que ocasionan cambios micro ambientales, los *ingenieros pastoriles* deben

comprender los mecanismos de interacción planta- ambiente para anticipar situaciones y diseñar adecuadas metodologías de utilización.

Un sofisticado sistema de percepción de señales lumínicas o químicas permite a las plantas anticipar posibles variaciones en la disponibilidad de los recursos. Apelando a su plasticidad morfogénica, las plantas forrajeras modifican su comportamiento en procura de aumentar la probabilidad de interceptar recursos. Existen numerosos ejemplos de esta capacidad, a nivel radical. En ambientes deficientes en agua o nutrientes, generan raíces finas que permiten explorar rápidamente el volumen del suelo con una mínima inversión de energía. Por el contrario, en una zona rica en nutrientes, desarrollan raíces más gruesas y ramificadas, para realizar una eficiente explotación del recurso. También se observaron modificaciones en la osmo-regulación de las células radicales que, al disminuir su potencial agua, pueden continuar absorbiendo agua en suelos que se van secando. Otro ejemplo es la capacidad de las raíces de exudar ácido cítrico cuando crecen en suelos deficientes en fósforo, lo que modifica la composición química de las sales que contienen este nutriente, aumentando su solubilidad. La máxima demostración de sensibilidad es ilustrada en los cambios de rumbo de raíces, cuando perciben la presencia de vecinas.

La plasticidad morfogénica aérea es de particular importancia en pasturas y otros ambientes pastoriles, donde la acción del herbívoro modifica la estructura del canopeo, variando la intensidad y calidad de luz que llega a las plantas. Estas son capaces de reconocer dichas señales lumínicas y responder en forma plástica, adecuando su geometría y redirigiendo su crecimiento, aumentan así la probabilidad

de interceptar la radiación en determinado canopeo. Eso ocurre cuando las plantas forrajeras ajustan su morfología a la presencia de sus vecinos “verdes”, modificando el tamaño, inclinación y la tasa de aparición de hojas y macollos o el contenido en clorofila de las hojas. Alargando y/o aumentando en número sus ramificaciones con determinada orientación, partes de las plantas pueden ocupar manchones iluminados al variar la estructura arquitectónica del canopeo. Multiplican rápidamente sus macollos y, adoptando estos un hábito prostrado, los pastos ocupan sitios vacíos. Por el contrario, al percibir cambios en la calidad de la luz porque aumenta la densidad de tejidos foliares, la planta responde reduciendo la aparición de macollos y promoviendo el alargamiento de las vainas, adoptando una estructura más erguida que le permite sobresalir de la cubierta vegetal. Otros mecanismos que responden a señales lumínicas consisten en variar la iniciación, elongación y senescencia de las hojas, o la aparición y muerte de macollos, habiéndose observado que la sombra generada por tejidos verdes acelera la senescencia de hojas y macollos. Con plena disponibilidad de luz, ocurre lo contrario. Un ejemplo ilustrativo es el comportamiento del trébol blanco cuando es rodeado por otras especies más altas que lo sombrean ya que, además de incrementar la longitud del pecíolo y el tamaño de la hoja, alarga los entrenudos de sus estolones para escapar de los ambientes mal iluminados. En un imaginativo experimento realizado con gramillas (*Cynodon sp.*) cuyos estolones crecían sobre bandas de suelos con distintos niveles de fertilidad, se observó una correlación inversa entre el largo de los entrenudos de dichos estolones y el nivel de fertilidad de la banda del suelo. ¡La gramilla arraigaba en los suelos fértiles y alargaba los

entrenados de sus estolones para evadir las bandas con suelos poco fértiles!

### **Fisiología del rebrote**

Las plantas forrajeras despliegan una verdadera pantalla foliar para captar energía radiante, la cual transforman en energía química por el proceso fotosintético. Y esa energía química es utilizada en la respiración de mantenimiento y de crecimiento. Después de ser defoliada, la planta se reorganiza por un breve periodo (Fig. 2.1). Posteriormente la superficie foliar aumenta rápidamente, cubriendo con hojas tres, cinco y hasta siete veces la superficie del suelo. Los valores de superficie foliar alcanzados dependerán del ángulo de inserción de las hojas/folículos, siendo menores cuando la inserción es horizontal y mayores si la inserción es más erecta. El crecimiento y la acumulación de hojas se detiene cuando, por auto-sombreado las hojas, la pérdida de C por respiración equilibra la ganancia de C por fotosíntesis, pasando de la fase de crecimiento a la de exclusión. De no ser disturbado, el canopeo envejece y decae.

La eliminación total o parcial de las hojas determinará una menor provisión de fotosintatos, lo que afectará el crecimiento y hasta la supervivencia de las plantas. La escasez de carbohidratos y otros metabolitos generada por la defoliación es seguida por una verdadera estrategia de reasignación de recursos procurando la supervivencia de la planta y la recuperación de su área foliar. La raíz deja de crecer y respira toda la energía fácilmente hidrolizable que puede tener acumulada en sus tejidos de reserva. La parte aérea monopoliza el destino de carbohidratos que son provistos por el área foliar remanente

y otros recursos proteicos provenientes del reciclado de tejidos de la corona de la planta y de la raíz, invirtiéndolos prioritariamente en nuevo tejido foliar. La planta llega a catabolizar partes u órganos jóvenes para obtener energía que le permita mantener el resto y reanudar el crecimiento aéreo. El periodo de reorganización post-defoliación dura de tres a cinco días.

El crecimiento foliar inicial se genera por expansión de las células no diferenciadas de tejidos foliares enrollados dentro del canuto de vainas y no expuestos aún a la luz del día. Seguidamente, el crecimiento surgirá de nuevos tejidos foliares producidos por los meristemas intercalares y apicales remanentes en el rastrojo. Posteriormente, las yemas axilares generarán nuevos brotes o macollos. Será rápido el crecimiento por la expansión de células previamente diferenciadas a las que ingresa agua, mientras que el crecimiento a partir de las yemas axilares se retarda debido a que la diferenciación y el crecimiento de los primordios foliares lleva su tiempo. Las yemas axilares aseguran perennidad a la planta defoliada, al proveer una fuente meristemática para la producción de macollos, en contraste con la limitada actividad de los meristemas intercalares, que pueden haber sido seccionados en caso de una defoliación muy intensa.

La defoliación del canopeo forrajero permite reiniciar la fase de crecimiento, al ser bien iluminado el tejido foliar remanente y aumentar la disponibilidad de agua y otros recursos para el mismo (por ser mayor la relación raíz: tallo). El disturbio, que *retrasa la hora y da cuerda al reloj*, genera un superávit de energía que alimentará el crecimiento

durante el periodo siguiente. Pero los efectos de la defoliación serán positivos o negativos según sea el contexto en que ocurre. Todo aumento en la intensidad de defoliación achicará el superávit y, si es alta la frecuencia de defoliaciones, se afectará la acumulación de biomasa aérea y radical de las plantas forrajeras, pudiéndose comprometer su supervivencia.

### **Compensación de los efectos de la defoliación**

McNaughton describió una serie de procesos que, sumados, suelen ser considerados como mecanismos de adaptación de las plantas forrajeras para tolerar la defoliación.

*Liberación de recursos:* Cuando las plantas son defoliadas, hay más luz para las hojas remanentes y para las que aparecerán. También, al haberse reducido el tejido aéreo, será menor la demanda de agua disponible y aumentará el potencial agua de las células en los tejidos remanentes. Con los nutrientes que son absorbidos pasa algo similar. Los tejidos juveniles harán buen uso de los recursos liberados.

*Revitalización de fuentes de C:* Al haber menos fuentes de carbohidratos para atender la misma demanda, ocurren rejuvenecimientos en las hojas maduras remanentes que permanecieron intactas, aumentando los procesos de fijación de carbono que realizan. Esta respuesta se verifica por la disminución de las resistencias foliares al paso del  $\text{CO}_2$  y aumentos en el contenido de clorofila. Las tasas de fotosíntesis serán de un 15 a 50% superiores a las de hojas de edad similar en plantas no defoliadas.

*Priorización de destinos:* Ante la escasez energética generada por la defoliación, la planta forrajera prioriza recuperar su área foliar, reasignando sus recursos en lo que equivaldría a un *verdadero zafarrancho de combate*. La parte aérea monopoliza carbohidratos y otros recursos, con los que regenera nuevo tejido foliar. La raíz deja de crecer y mantiene su metabolismo respirando los azúcares fácilmente hidrolizables que se hubieran acumulado en sus tejidos (algunos de ellos verdaderos órganos de reservas). En caso de reiteración de las defoliaciones, por carencia energética extrema, la planta llega a matar módulos u órganos jóvenes para obtener la energía que le permita mantener el resto de su biomasa y reanudar el crecimiento aéreo.

*Rápido despliegue foliar:* La tolerancia al pastoreo surge de la rapidez con que es restablecida la capacidad fotosintética de las plantas. El proceso inicial de re-foliación (i) consiste meramente en el ingreso de agua a células diferenciadas previo a la defoliación, generando una muy rápida expansión. Este proceso es verificable en plantas de cebadillas (y algunas otras especies de pastos deseables) que muestran tejido foliar sobresaliendo al canuto de vainas al día siguiente de haber sido defoliadas. El segundo proceso de re-foliación (ii) ocurre en las hojas juveniles ya diferenciadas y no expandidas, meristemas intercalares producirán células hacia arriba (lámina) y abajo (vaina). La expansión posterior de las células empuja el meristema intercalar y la lámina hasta su total exposición fuera del canuto conformado por las vainas. Demoran más en aportar tejido foliar los procesos de diferenciación de nuevos primordios foliares en meristemas activos (iii) y la liberación de yemas axilares dormidas (iv), descriptos más abajo.

*Hojas de menor costo:* Para bajar la inversión de carbono en los nuevos tejidos foliares, estos tienden a ser más tenues o delgados. La estrategia de dilución volumétrica permite lograr mayor área foliar producida por unidad de peso ( $\text{cm}^2/\text{g}$  de hoja). En el mismo sentido, ocurre una disminución en la síntesis de biomasa estructural asociado al influjo de agua (dilución química).

*Re-movilización de compuestos carbonados:* Azúcares y proteínas se mueven desde otros órganos para permitir el crecimiento heterotrófico de la parte aérea, durante un corto período post-defoliación. Estos compuestos hidrocarbonados pudieron haber sido almacenados (reconocidos popularmente como *reservas*) o reciclados durante procesos de muerte y renovación de tejidos (que ocurren constantemente en todos los seres vivos). El almacenamiento de azúcares es una estrategia de la planta para mantener muy activo el proceso fotosintético y aprovechar condiciones ambientales favorables (por incrementos en la temperatura o en la disponibilidad de agua). Por otra parte, los compuestos almacenados permiten mantener un metabolismo basal en condiciones de estrés extremo y una rápida recuperación luego de eventos perturbadores (defoliación, sequía). La utilización heterotrófica de los carbohidratos almacenados para la recomposición del tejido foliar estaría limitada a los primeros dos o tres días posteriores a la defoliación. Como consecuencia de procesos regulares de muerte y regeneración de tejidos, el reciclado de tejidos constituye una forma dinámica de liberar nutrientes que pueden ser aprovechados nuevamente. La mayoría de los compuestos proteicos (enzimas) que llegan a los meristemas foliares surgirían del proceso de reciclaje y ello ocurriría durante cinco días posteriores a la defoliación.

Asimismo, sería menor o casi inexistente este reciclado en presencia de suficiente área foliar remanente activa.

*Detención del crecimiento radical:* Las raíces son los órganos de las plantas forrajeras que más sufren los efectos de la defoliación, detectándose la supresión del crecimiento radical pocas horas después de seccionadas las hojas. Una única defoliación que removi6 el 50% o más del volumen aéreo, retardó el crecimiento radical por 6-8 días en 7 de 8 gramíneas perennes investigadas; mientras que, si esa única defoliación eliminaba el 80 y 90% del volumen aéreo, la interrupción del crecimiento radical ocurría durante 12 a 17 días. Defoliaciones sucesivas, que impiden la recuperación de la parte aérea, prolongan el periodo de no-crecimiento radical. Las detenciones en el crecimiento de las raíces coinciden con una reducción en la absorción de agua y nutrientes, por ser menor el volumen de suelo explorado. Para mantener su metabolismo, las raíces respiran carbohidratos almacenados durante períodos de mayores ingresos de C.

*Rejuvenecimiento del canopeo:* Recuperada la foliación, la parte aérea dispondrá de una alta proporción de tejidos jóvenes, capaces de máximas tasas de fotosíntesis (proceso iii de re-foliación). Por el estímulo lumínico en la base de las plantas, muchas yemas axilares dormidas se diferenciarán, generando nuevos tallos o macollos (proceso iv de re-foliación). En una secuencia rítmica, el crecimiento vigoroso de las plantas garantizará una rápida recuperación. Como consecuencia de haber sido defoliadas las plantas no se verán afectadas, sino que crecerán a mayor tasa que otras que no hubieran sido defoliadas. Surge como esencial disponer de una alta densidad de

yemas activas en una densa pastura, para lo cual se debe contemplar la realización de defoliaciones intensas en momentos en que las condiciones ambientales son benignas. Esto generará adecuados estímulos lumínicos y el seccionamiento de tallos florales, provocando la diferenciación de las yemas axilares. Obrando así y permitiendo la adecuada recuperación de las plantas forrajeras tras la defoliación, se manifiesta la más importante característica fisiológica compensatoria.

### **Mutua cooperación**

Los herbívoros y las plantas forrajeras han desarrollado características genéticas fruto de fuerzas selectivas complementarias. Esta teoría de co- evolución, considera que es perfecta la adaptación de la planta forrajera a las defoliaciones causadas por los herbívoros u otros eventos perturbadores. Es más, plantea que estas plantas son participes activos en las relaciones de corto plazo con los herbívoros, atrayéndolos al ofrecer tiernos y apetitosos tejidos foliares y tolerando su remoción. Se establecería entonces una relación de mutuo beneficio entre los herbívoros, que procuran su sustento, y las plantas forrajeras, que se benefician de eventos perturbadores poco frecuentes. Las migraciones de herbívoros en grandes cantidades, lo demostrarían.

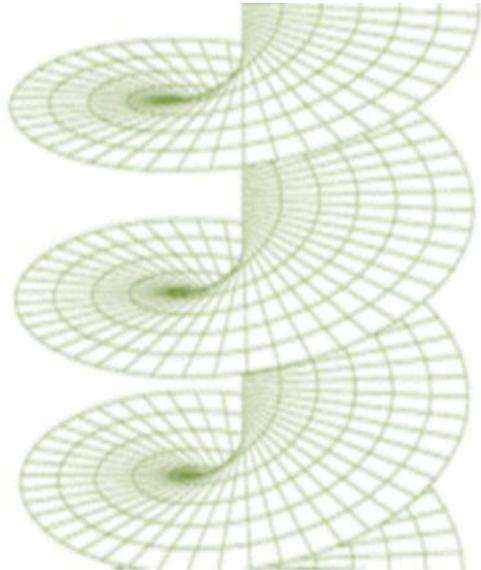
La clave de esta respuesta positiva, está dada por el *tiempo de recuperación* brindado a la planta defoliada, destacando que la frecuencia de defoliación es mucho más importante que la intensidad en que el tejido foliar es removido. En otras palabras, si se permiten adecuados tiempos de recuperación, las plantas forrajeras podrán compensar los efectos de defoliaciones de cualquier intensidad,

mediante aumentos en sus tasas de crecimiento. Lo contrario también es cierto ya que, si no se permite la completa recuperación antes de reiterar la defoliación, las plantas forrajeras agotarán los sustratos que contribuyen a la re-foliación inicial. Ocurredas enésimas defoliaciones, las plantas forrajeras sacrificarán órganos o módulos para extraer la energía y proteínas necesarias para recrear nuevos tejidos foliares. Esto provoca el achicamiento de las plantas, observable como una miniaturización de plantas de especies deseables, en sitios donde se implementa el pastoreo continuo con carga altas. Se explican también, los espacios de suelo desnudo, ya que las plantas débiles morirán. En la fig. 4.4 se ilustra la mayor producción obtenible por los efectos compensatorios que se dan a moderadas cargas animales o frecuencias de defoliación.



Fig. 4.4. Aumento por compensación de la productividad de forraje al ser defoliado (idealizado por MacNaughton como consecuencia de sus estudios en el Serengeti)

La planta forrajera no es una planta cualquiera. Su conformación modular les permite variar su estructura y colonizar ambientes sometidos a perturbaciones, orientándose mediante la percepción de señales que varían, “como si se moviesen”. Haciendo uso pleno de los atributos evolutivos adquiridos, tolera el pastoreo de grandes herbívoros, aprovecha que este disturbio (i) libera recursos (luz, agua), (ii) elimina tejido foliar maduro o senescente, (iii) impacta sólo durante un corto periodo y, (iv) rejuvenece el canopeo. Tras la defoliación, la planta forrajera crece rápidamente y logra compensar el tiempo perdido durante la reorganización. Por ello, es de destacar que la productividad y persistencia de las plantas forrajeras (i) son estimuladas con determinada frecuencia de defoliación y, (ii) serían nulas o disminuirían de no existir tales defoliaciones o si las mismas fuesen muy frecuentes. Al ofrecer tiernos y apetitosos tejidos foliares, las plantas forrajeras atraen a los herbívoros, se benefician con el pastoreo y toleran la defoliación. Utilizadas adecuadamente mantendrán indefinidamente la producción primaria del ecosistema pastoril, prosperarán en ambientes con importantes heterogeneidades -tanto espaciales como temporales- y dinamizarán virtuosamente el sistema aportándole flujos de información y materia.



## Capítulo 5. Herbívoros en Pastoreo

Los herbívoros aprovechan de los vegetales, que les proveen de abundante sustento. Los grandes herbívoros actuales co-evolucionaron con las gramíneas, sobre sabanas, estepas y praderas que se originaron cuando el mundo comenzó a secarse. Durante decenas de millones de años las fuerzas selectivas orientaron dicha evolución brindándoles capacidades especiales para transitar por los ambientes pastoriles, cosechar los forrajes, asociarse con microorganismos que fermenten las fibras ingeridas, reconocer variaciones y adaptarse a ellas. Quienes manejen los recursos pastoriles deberán tener presente la sabiduría nutricional de los herbívoros y valerse de ella para transformar biomásas bastas y fibrosas, en proteínas de alta calidad.

### Indicios de co-evolución

Los herbívoros ocupan un nicho fundamental en los ecosistemas pastoriles, por su capacidad de cosechar, fermentar y digerir los tejidos estructurales que sostienen a las plantas. Dicha estructura de sostén vegetal es lograda engarzando fibras de gruesas

paredes compuestas por celulosa y hemi-celulosa, cementadas con lignina. La degradación de estos complejos carbohidratos dependerá, casi invariablemente, de la actividad fermentativa de poblaciones microbianas simbióticas alojadas en el tracto digestivo de insectos, topos, koalas, cebras, vacas, jirafas o elefantes. La co-evolución entre microbios y herbívoros es ilustrada por el hecho de que, más allá de un determinado nivel de especialización bioquímica, la microflora fermentativa no sobrevive fuera del cuerpo hospedante y sólo puede ser transferida entre herbívoros por contactos cercanos. Aseguran tales contactos determinados comportamientos sociales.

La adquisición de molares con alta corona (hipsodontía) en diversas líneas de ungulados (ej. camellos, équidos, rinocerontes) en el temprano Mioceno medio, ha sido clásicamente interpretada como una respuesta evolutiva a cambios en la vegetación herbácea, sus fuentes de forraje. La conformación del tarso de las patas es, según [Coughenor](#), resultado de un proceso de evolución de los grandes herbívoros actuales sobre amplias áreas de pastoreo (estepas, sabanas) formadas al irse secando el mundo y reducirse la superficie de bosques y selvas.

### **La fermentación microbiana de los forrajes**

En los ambientes pastoriles crece un estrato herbáceo que puede acumular anualmente entre 1,5 y 8 toneladas de materia seca por hectárea (o más si es muy fértil su suelo), según sea el régimen de precipitaciones. De no ser consumida por los animales, la biomasa producida se acumulará durante años hasta que, eventualmente, se originarán devastadores incendios. El proceso de fermentación

resultante de la simbiosis microbios/ herbívoros permite extraer, de esas enormes cantidades de biomasa, la energía necesaria para el mantenimiento, crecimiento y actividad de los animales. Según sea su digestibilidad, se liberará una proporción de los 4,4 Mcal de energía bruta contenida por kg de materia seca de cualquier carbohidrato ingerido. Los granos, que acumulan almidones muy digestibles y funcionan como píldoras de energía, aportan 3,2 Mcal de energía bruta por kg de materia seca, mientras que una ensalada de hojas brindará 2,1 Mcal de energía bruta por kg de materia seca. Por último, son menos digestibles aún las vainas y en los tallitos que sostienen las hojas y los brotes, brindando una Mcal de energía bruta por kg de materia seca (igual que chips de madera). Los troncos de árboles y arbustos, pesadas estructuras de sostén, son absolutamente indigestibles y sólo degradados por microbios en la superficie del suelo.

Según sus hábitos alimenticios, los animales pueden ser clasificados como carnívoros (gatos y leones), omnívoros (cerdos y humanos) y herbívoros (vacas, caballos y elefantes). Los primeros no pueden aprovechar los tejidos vegetales, salvo que se los cocine. Los omnívoros son mucho más eficientes que los herbívoros, en el aprovechamiento de los carbohidratos muy digestibles contenidos en los granos. Sólo los herbívoros pueden subsistir y producir proteínas (leche, carne, lana) consumiendo carbohidratos poco digestibles, gracias a los microorganismos que fermentan complejas estructuras orgánicas, simplificándolas, liberando gases orgánicos o convirtiéndolas en tejido microbiano (muy digestible). Por estar los herbívoros especializados en consumir carbohidratos poco

digestibles, es anormal, ineficiente y antieconómico proveerles granos. Las vacas y ovejas no deben ser alimentados con los granos que el hombre puede comer, o que cerdos, pollos, conejos y peces convierten en carne mucho más eficientemente. Las reducciones en el uso de energía fósil que deben ocurrir por la necesidad de cuidar el ambiente, acrecentarán la necesidad de producir proteínas a partir de los forrajes ofrecidos por los sistemas pastoriles.

Las fibras, complejas estructuras moleculares, son poco degradadas por la acción de ácidos y enzimas secretadas por el sistema digestivo de los animales, pero sí son descompuestas parcialmente (fermentadas) por poblaciones microbianas. Estos microbios, reconocidos descomponedores de la materia orgánica en los ecosistemas, existen en la superficie del suelo (el gran digestor), en la broza de detritus vegetal que lo cubre, en troncos de árboles caídos y están alojados en *todos* los sistemas digestivos animales. Son bacterias, hongos y protozoos, que tienen la habilidad de partir moléculas orgánicas complejas mediante el accionar de sus poderosas enzimas, liberando moléculas simples y átomos. Los animales y los microorganismos se convierten en socios y colaboradores en esta empresa de la supervivencia. Dentro de los herbívoros los organismos microscópicos encuentran alimento, calor y protección. A cambio de hospedarlos, los animales aprovechan algunas habilidades de estos microbios, como son romper enlaces químicos de las hierbas y fabricar compuestos digeribles. Una fábrica en la que ingresa una dieta alimenticia pobre que los microorganismos transforman en proteína y energía de alta calidad.

Alojados en grandes órganos donde fermentan la fibra, los microbios juegan un papel clave en la biología nutritiva de los herbívoros. En estos verdaderos sacos de fermentación, se acumulan y estacionan tejidos vegetales por un tiempo prolongado, siendo sometidos al accionar de los microorganismos. Estos órganos pueden estar localizados antes del estómago verdadero en ovejas, cabras, ciervos, antílopes y camellos, o ubicados en el sistema intestinal posterior de los caballos, rinocerontes, gorilas y elefantes. El volumen total del sistema digestivo consagrado a la fermentación y el tiempo durante el cual los forrajes son fermentados varía enormemente entre las distintas especies, que han adaptado su aparato digestivo según el tamaño de su cuerpo y la dieta que consumen. Herbívoros no rumiantes, como los caballos, dedican a la fermentación en el ciego (80-100 litros) una proporción menor del total de la capacidad digestiva que los herbívoros rumiantes, como los bovinos, poseen en el retículo y el rumen (100 a 150 litros) (Fig. 5.1).

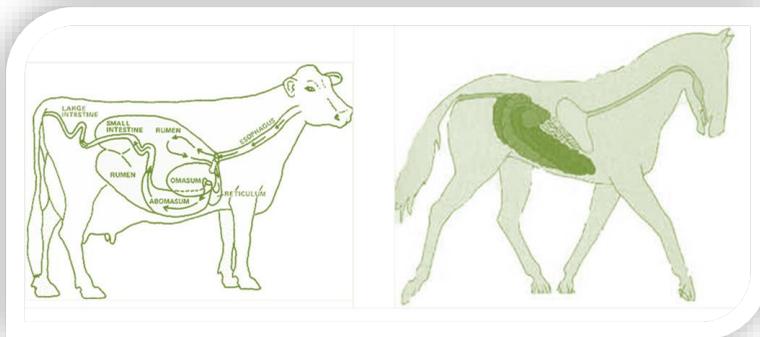


Fig. 5.1.  
Dimensionamiento  
de los sacos de  
fermentación en  
grandes herbívoros  
domésticos.

En estas cubas fermenta un caldo de cultivo compuesto por los microorganismos, el forraje reiteradamente masticado, saliva y minerales varios. El proceso fermentativo ocurre a temperatura constante y elevada (39° C) y en un ambiente oscuro, anaeróbico y químicamente neutro (pH 7). Habita el maloliente caldo de cultivo una micro-flora anaeróbica o anaeróbica facultativa, calculándose que el 10% del caldo está constituido por protoplasma microbiano que comprende, por mililitro de contenido, cerca de 10 a 50 mil millones bacterias, un millón de protozoos y cantidades variables de levaduras y de hongos. Los microorganismos del rumen se clasifican según los sustratos que fermentan (celulolíticos, hemicelulolíticos, amilolíticos y proteolíticos) o por los productos finales que liberan (amoníaco, metano, provitaminas B, etc.).

Los bovinos secretan grandes cantidades de saliva que, en una vaca lechera, es estimada entre 100 y 200 litros diarios. Esta secreción no solamente ayuda para la masticación y deglución del forraje, sino que contribuye a mantener determinadas condiciones físico-químicas en el caldo que fermenta y en las paredes del rumen. La saliva de los rumiantes posee grandes cantidades de sodio y de potasio, que le confieren gran capacidad para neutralizar los ácidos producidos en la fermentación del rumen (*buffer*). Además, la saliva presenta concentraciones relativamente altas de ciertos nutrientes (especialmente mucina, urea, fósforo, magnesio y cloro) cuya presencia favorece la actividad biológica de los microorganismos del rumen. Finalmente, la saliva tiene propiedades antiespumantes, factor de gran importancia para que nada interfiera la eructación de gases.

## Productos de la fermentación y desórdenes funcionales en el rumen

El proceso de la fermentación del forraje ingerido, que ocurre durante un periodo de estacionamiento de hasta 100 horas, proporciona al rumiante:

- ♣ Proteína de muy alta calidad, con todos los aminoácidos esenciales requeridos. Al ser capaces los microorganismos de sintetizar proteína a partir de fuentes de nitrógeno no proteico, los rumiantes pueden ser alimentados con urea.
- ♣ Pro- vitaminas del complejo B.
- ♣ Ácidos Grasos Volátiles (acético, propiónico y butírico) que, en forma conjunta, proveen casi la totalidad de las necesidades energéticas de los herbívoros. Estos compuestos son absorbidos por las paredes del rumen (o del colon-ciego en los equinos).

En el rumen también se produce:

- ♣ El ácido láctico por fermentación de granos, no aprovechable y que genera acidosis.
- ♣ Gases (dióxido de carbono y metano) que son eructados a la atmósfera, lo que convierte a los rumiantes en una importantísima fuente de contaminación ambiental. La fermentación entérica en una vaca produce anualmente unos 66000 l de metano, un nocivo gas de efecto invernadero.

El rumiante, que depende de su rumen para convertir su selección de pastos en un alimento digestible, tiene la capacidad de sentir el funcionamiento de esa cuba de fermentación y regularla mediante su comportamiento nutricional altamente selectivo, que se manifiesta cuando es libre de explorar los más diversos forrajes.

Debido a que diferentes sustancias son procesadas por distintos tipos de microorganismos, cuando el animal es alimentado en confinamiento y tiene limitado su acceso a determinado tipo de nutrientes, pueden ocurrir desordenes ruminales sumamente perjudiciales que afectan su productividad y hasta su supervivencia de estos animales. Un desorden recurrente es la acidosis, cuando se suministran dietas ricas en granos, ya que la capacidad *buffer* del rumen es superada por los ácidos grasos de cadenas cortas producidos por la fermentación de almidones. La caída del pH a valores de 5 y aún menores es potenciada porque se estimula el desarrollo de una población de bacterias amilolíticas, lo que acentúa el proceso de producción de ácido láctico que daña la mucosa del rumen y detiene su motilidad, pudiendo enfermar el animal en caso de ingresar los microbios al torrente sanguíneo. En dicho ambiente ácido, las celulosas y hemicelulosas contenidas en las fibras son poco degradadas, por haber disminuido notablemente las poblaciones de bacterias que las procesan.

Otro ejemplo de desorden ruminal está dado cuando la dieta ingerida contiene menos del 1% de nitrógeno. En ese caso, la población de microorganismos disminuye su actividad y detiene su crecimiento, acumulándose la fibra sin procesar, lo que tapona el flujo del forraje. Este taponamiento se manifiesta en la conformación de las bostas que se acumulan en pilas arrugadas (en lugar de caer como una torta de constitución pastosa) ya que el animal debe forzar la evacuación de restos fibrosos mal procesados mediante movimientos peristálticos de su intestino. El taponamiento puede determinar reducciones en la ingesta de hasta un 40%, perdiendo peso el animal

porque ingiere menos forraje y éste es de baja calidad (este fenómeno no ocurre en los équidos y otros herbívoros cuya cuba de fermentación está ubicada en la parte posterior de su intestino, ya que les es fácil excretar todo residuo fibroso mal procesado). La falta de nitrógeno suele suplementarse con urea, rápidamente convertida en amoníaco, que es aprovechado por los microorganismos del rumen. Cuando el suministro de urea es elevado y/o no disponen los microorganismos de energía suficiente para sintetizar proteína microbiana (azúcares rápidamente fermentecibles) aumenta fuertemente el pH del rumen. El amoníaco liberado es absorbido a través de las paredes del rumen, ingresando al torrente circulatorio y afectando la oxigenación de los glóbulos rojos, al no poder ser rápidamente detoxificado por el hígado. Como consecuencia, el animal puede morir.

Un tercer desorden es el timpanismo o empaste, causado por la incapacidad del rumiante de eructar los gases producidos por la fermentación microbiana, que se acumulan en el rumen, dilatándolo y comprimiendo los pulmones. La producción diaria de gases (anhídrido carbónico y metano) de un bovino adulto es de 800 litros, que deben ser eliminados a la atmósfera. Su eliminación puede ser afectada por la formación de espumas o intoxicaciones que impiden el estímulo que abre el cardias, facilitando la salida de los gases por el esófago. Este fenómeno es ocasionado por causas múltiples que ocasionan un mal funcionamiento ruminal, como la ingesta de ciertas plantas pre-disponentes (ej. las leguminosas tiernas aportan saponinas), consumos voraces, variación en la secreción o en la composición de la saliva, etc.

## Como se comportan los herbívoros

Los grandes herbívoros actúan para satisfacer sus necesidades, procurando:

- ♣ Balance hídrico y térmico, saciar la sed y buscar reparos.
- ♣ Balance calórico, determinante del hambre. Los lleva a forrajear durante un tercio de la jornada.
- ♣ Balance de energía, minimizar sus traslados, descansar/rumiar, dormir.
- ♣ Prevenir predadores, especialmente de noche. Por ello, se agrupan y tienden a ocupar determinadas áreas despejadas.

La satisfacción de estas necesidades gatilla movimientos y pautas de uso del paisaje, determinando la frecuencia de estadía y la distribución en ciertas áreas de pastoreo. Este comportamiento se correlaciona con factores:

- ♣ bióticos: como la calidad y cantidad de forraje, diferencias en las comunidades forrajeras, existencia de especies que contengan metabolitos deseados, presencia de sal u otros minerales, la presencia de insectos.
- ♣ abióticos, como la rugosidad del terreno o la topografía, distancia a la aguada, árboles y alambrados.
- ♣ climáticos, que determinan la búsqueda de reparos del sol o del viento.

Los animales no pastorean al azar, visitando ciertas áreas, evitando otras, guiados por su conocimiento del terreno. La conducta del ganado suele ser descripta según el espacio ocupado, la actividad y el tiempo durante el cual transcurre, y la razón de la elección. Dos

son los espacios que, por reiteración de sus visitas, pueden determinar deterioros en el pastizal. Comenzando por el espacio mayor, los herbívoros seleccionan los *sitios de pastoreo* en función de la topografía y distancia a la aguada, del confort que les brinda, por curiosidad por movimientos fuera del potrero, o por la presencia/ausencia de predadores. Como suelen reiterar su selección, con frecuencia los sitios elegidos muestran síntomas de deterioro. Los animales recorren un sitio determinado estacionándose en los *manchones de pastoreo* (del inglés *patch*, que significa manchón, no parche) durante tiempos menores a 30 minutos, tras lo cual se reorientan y transitan hacia otro manchón. La selección de los manchones suele estar asociada a la abundancia del forraje y concentración de nutrientes (digestibilidad, proteína, minerales). En un sitio de pastoreo coexistirán manchones reiteradamente utilizados con otros levemente utilizados. El forraje de los manchones intensamente defoliados será más tierno, denso, digestible y con buen contenido de proteína, mientras que, en manchones poco o nada utilizados la vegetación crecerá en altura con la consiguiente generación de tejidos de sostén, aumentando la relación C:N. Se retroalimenta entonces la situación, ya que los animales reiterarán su pastoreo en los manchones bajos y se resistirán a hacerlo en los manchones altos. Solo con altas cargas instantáneas, defoliando mecánicamente o quemando, se puede eliminar esa impronta condicionante del comportamiento de los herbívoros.

El condicionante más importante del comportamiento de los herbívoros es la disponibilidad de agua, que consumen en cantidad (Tabla 5.1). Además de requerirla por sus necesidades fisiológicas, la

razón de tal dependencia es térmica. Vacas de razas carniceras que consumieron diariamente 30 lts cuando la temperatura ambiente promediaba los 5°C, lo hicieron a razón de 110 lts por día cuando dicha temperatura promedió los 30°C. Corroborando lo anterior, estudios de distribución espacial han medido que los bovinos tienden a permanecer más cercanos a la aguada si hace calor. Ocurre que los animales se refrigeran con el agua que beben, razón por la cual suelen descansar próximos a la aguada en días cálidos, cuando carecen de sombra. Los resultados de una significativa experiencia realizada por investigadores de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA, que ofrecieron durante 20 minutos a vacas secas de raza Holando Argentina, baldes conteniendo agua a distinta temperatura, lo ilustran. Las vacas bebieron 18 l del agua de pozo, con una temperatura de 18°C y, 36 l del agua que provenía del tanque, con una temperatura de 31°C. La capacidad de absorción de calor de ambos consumos muy fue similar, 160 kcal en el primer caso y 148 kcal en el segundo. ¡Las vacas usaron el agua como refrigerante!

Tabla 5.1.  
Requerimientos de agua (la obtiene del forraje, rocío, fuentes naturales y bebidas)

Tipo de Animal	Litros de agua consumidos diariamente
Vaca Lechera	80-120
Vaca de cría	60-80
Novillos o caballos	40-60
Ovejas	8-12

### **Diferencias morfológicas que hacen a la selección de la dieta**

Contrastando con los carnívoros, los herbívoros destinan menos tiempo en hallar su alimento (que es abundante) y un tercio de cada jornada para cosecharlo. Los pastos, hierbas y arbustos, que sirven de sustento a herbívoros, muestran variedad de estructuras y características químicas. Las hojas de los pastos (monocotiledóneas) que están disponibles en densidades homogéneas, son sostenidas por fibras de gruesas paredes ricas en celulosa. Dentro de esta masa forrajera la selección no es muy fácil y la ingesta es lenta para fermentar. Por el contrario, hierbas y brotes de dicotiledóneas presentan una distribución heterogénea y discreta de ramilletes densos (a veces acompañados de espinas) cuyo tejido consiste en células de delgada pared celular y apreciable contenidos de azúcares, proteínas y aceites. Para aprehender eficientemente y obtener nutrientes de tan disímil fuente de sustento, han evolucionado adaptaciones anatómicas (bucales y digestivas) y de comportamiento en los herbívoros. Pueden observarse diferencias en el tipo de molares y premolares, en los músculos maxilares, en el ancho y tamaño de apertura bucal, en la función de labios y lenguas. Así, los comedores de pasto (pastoreadores) presentan bocas anchas (siendo escasa su capacidad de selección), cortos y fuertes músculos maxilares y, muelas de alta corona y cortas raíces. Mientras que los comedores de brotes (ramoneadores), al poseer bocas angostas y de gran apertura, incisivos en ambas mandíbulas (que actúan a modo de alicate), molares de coronas bajas y profundas raíces, pueden seleccionar perfectamente los ramilletes deseados. Los bovinos presentan una lengua móvil que les permite juntar hojas dispuestas a densidades variables según las alturas en los canopeos. Los ovinos y equinos,

poseen incisivos que les permiten cosechar densos canopeos de escasa altura. Las cabras caminan rápidamente entre los arbustos o se trepan a ellos para seleccionar con habilidad los brotes entre las espinas. Las jirafas y rinocerontes negros son grandes ramoneadores que poseen largas lenguas y labios prehensibles, lo que les facilita la cosecha de finas ramas terminales con muchas hojas jóvenes.

Las diferencias entre ramoneadores y pastoreadores también se observan en el tamaño de las glándulas salivares y composición química de la saliva, en las características morfológicas y funcionales del tracto digestivo y en la tasa de pasaje de la ingesta. En proporción al tamaño del cuerpo, las glándulas salivares son cuatro veces mayores en los ramoneadores que en los pastoreadores. La saliva de vacas y ovejas es fluida y acuosa mientras que la de ramoneadores silvestres es viscosa y gelatinosa. El primer tipo de saliva permite humectar la ingesta y estabilizar iónicamente el rumen, mientras que el segundo tipo sirve para envolver taninos (usuales en arbustivas) que pueden afectar la digestión de proteínas. Por otra parte, el tamaño relativo del hígado en los ramoneadores duplica al de los pastoreadores, aumentando así la capacidad de los primeros para detoxificar compuestos secundarios. Los pastoreadores presentan sacos de fermentación más amplios, fuertes y compartimentalizados, lo que enlentece la tasa de pasaje de la ingesta y permite que el ataque por parte de los microorganismos sea prolongado. La mayor densidad de papilas en el rumen de los ramoneadores aumenta 22 veces la superficie de absorción de ácidos grasos volátiles, lo que resulta ideal ante el rápido pasaje de la ingesta alentada por el mayor tamaño de

las aperturas entre compartimentos y el menor poder de los músculos ruminales.

### **Los herbívoros. Individuos sabios y adaptables**

Lo descrito en los párrafos precedentes ilustra a los herbívoros paseando por la pradera, en búsqueda de forraje, agua y refugio, guiados por su instinto para reconocer que comer o donde ir, comportándose en forma inalterable. En vista de que los requerimientos nutricionales varían en función de la edad de los animales, su estado fisiológico y las condiciones ambientales y que, cambia constantemente el contenido de energía, proteína y minerales de las plantas, no se reconoce que los herbívoros actúen cognitivamente. Se atribuye a las características físico-químicas y a la *palatabilidad* de las especies forrajeras, la orientación de la ingesta del forraje. Sin observar el comportamiento de los herbívoros, expertos en nutrición forrajera, se valoran los análisis bioquímicos de la dieta, el nombre en latín de las especies o la disponibilidad de los forrajes por unidad de superficie. Se desconoce que los herbívoros pudieran poseer sensibilidad para reconocer el beneficio momentáneo de ingerir ciertos forrajes y seleccionarlos (cosa que nos informan quienes recorren los potreros) o que hubieran evolucionado desarrollando características que le permitan adaptarse a cambiantes situaciones. Tampoco se considera que el ambiente social influya en conformación de la dieta y determine aprendizajes, y se operan grandes poblaciones de animales como si se tratase de una maquinaria industrial, sin observar el comportamiento individual.

Hace décadas que [Savory](#), agudo observador de situaciones

pastoriles, niega que los animales seleccionen su dieta según la palatabilidad de las especies, y sostiene que simplemente seleccionan tejidos que satisfagan sus requerimientos energéticos, proteicos, minerales y vitamínicos. Según él, aspectos como la forma de crecimiento, la ontología del tejido (joven y tierno vs. viejo y fibroso) o el sitio donde crecen (rico en minerales vs. suelos lavados) orientan el consumo animal. Y coincide Provenza, afirmando que es el valor nutricional y farmacológico de los tejidos vegetales lo que orienta el sabio aprovechamiento de los herbívoros, quienes seleccionan lo que necesitan conforme a un complejo proceso que relaciona aspectos fisiológicos y cognitivos. Basándose en un importante y valioso volumen de información científica conformado en las tres décadas pasadas, Provenza y colaboradores enseñan que los herbívoros son nutricionalmente sabios y que su comportamiento es sorprendentemente plástico, lo que les permite producir, actuar y vivir sanos, adaptándose a ambientes cambiantes. Seguidamente informan sobre sofisticados procesos cognitivos, que permiten a los herbívoros sobrevivir en ambientes pastoriles tremendamente complejos y dinámicos. Ante los continuos cambios que experimenta la naturaleza, los herbívoros reaccionan variando su comportamiento y flexibilizando la selección de su dieta. Lo hacen utilizando su impronta genética, su historia individual y un fino reconocimiento de las características ambientales. Un mega ejemplo de ésta sabiduría son los circuitos de pastoreo que describen anualmente 1,5 millones de ñu y 200 mil cebras, recorriendo 3000 km de estepas, atravesando ríos, siendo predados por cocodrilos y fieras, naciendo y muriendo (un 10%) durante el trayecto. Lo hacen a fines del invierno- principios de la primavera, migrando a través del Parque Nacional de Serengueti

(en Tanzania), en procura de los forrajes frescos que estacionalmente vegetan sobre las planicies de la Reserva Nacional Marai Mara (en Kenya). No los mueve su instinto, se trata de historias y de relaciones sociales, de necesidades y de un sabio comportamiento para el aprovechamiento de oportunidades.

El comportamiento de cualquier criatura es función de las consecuencias de sus acciones. Si éstas son favorables, aumenta la posibilidad de repetir determinado comportamiento, y si son desfavorables, disminuye la probabilidad. Según enseña Provenza, los herbívoros prueban constantemente los forrajes disponibles, movidos por su curiosidad, sintiendo si les causan satisfacción o insatisfacción (reconociendo hasta seis horas después de su ingestión). Los animales aprenden a seleccionar lo que necesitan, mediante un proceso cognitivo complejo que relaciona sabores, olores y texturas, con determinados efectos post-ingestivos satisfactorios o insatisfactorios. Adquiridos tales conocimientos por experiencia propia o por habérselos transmitidos otros animales, utilizarán los sentidos para discriminar su dieta entre una vasta oferta de forrajes, ingiriendo los alimentos útiles y evitando los tóxicos. Se ha llegado a demostrar que el consumo total diario de nutrientes es mayor cuando al animal se le ofrece una variedad de plantas que, cuando la oferta disponible consiste en una o dos especies. Ello no se explica porque en la variedad hay mayor disponibilidad de nutrientes sino por cuanto habiendo consumido cierta cantidad de determinada planta, el animal se sacia y desea comer algo distinto. Normalmente, dicha saciedad es consecuencia de la ingestión de determinados compuestos, que resultarán potencialmente tóxicos si aumenta su

consumo. El sistema emético le informa al animal que debe reducir el consumo de cierta planta y pasar a la próxima. Así, saciados por la ingesta de determinadas plantas, los herbívoros continúan su búsqueda de nutrientes probando otras plantas o visitando otros ambientes. Incluso, llegan a auto-medicarse seleccionando tejidos con determinados alcaloides o taninos. Investigaciones realizadas en Inglaterra muestran que, permitida la selección, el ganado consume más tréboles durante la mañana y más raigrases por la tarde. ¡Los animales que pudieron elegir su dieta en parcelas separadas produjeron 20% más de leche! Los mayores tiempos de pastoreo ocurren al atardecer, cuando se ha incrementado el contenido de azúcares en las plantas. ¿Ese mayor consumo de materia seca vespertino será causado por la necesidad de contar con energía para huir, resabio de otra etapa en su evolución? Tal adaptación a ambientes cambiantes y adecuados mecanismos para acceder a nutrientes y lograr protección, permite a los animales estar vivos, para no convertirse ellos en nutrientes.

Para Provenza y colaboradores, el término palatabilidad implica la interrelación entre determinadas características organolépticas de los alimentos (sabor, olor y textura) y los efectos postingestivos de nutrientes y toxinas; ambos influidos por las características químicas de las plantas, el estado nutricional de los animales y sus experiencias pasadas. Los sentidos (olfato, gusto y vista) permiten a los animales discriminar entre alimentos y proveen sensaciones hedónicas asociadas con el forrajeo. Sutiles retroalimentaciones pos-ingestivas calibran las sensaciones hedónicas con el valor nutricional y sanitario de los alimentos.

Estando perfectamente adaptados para nutrirse eficientemente consumiendo alimentos de baja calidad, los herbívoros se desplazan por diversos ambientes y seleccionan su dieta ante una oferta variada de forrajes, en procura de satisfacer con sabiduría requerimientos nutricionales y lograr auto-medicación. Orientan este comportamiento nutricional en función de sus consecuencias favorables o adversas, que aumentan o disminuyen la repetición de la ingesta. Estas habilidades son transmitidas entre los integrantes del grupo de herbívoros que pastorea determinados ambientes, difundiendo una cultura de comportamiento que contribuye al éxito de los grupos. Estas pautas de comportamiento nutricional, que son heredadas, aprendidas en el vientre materno (!) o simuladas observando el comportamiento de madres y compañeros, aseguran la adaptación al medio, aumentan la eficiencia en el uso de los recursos y brindan predictibilidad. Por ello, en la medida que sus requerimientos nutricionales son satisfechos, los animales se apegan a sus hábitos y se resisten a cambiarlos. Si la realidad forrajera cambia, los animales se adaptarán a las nuevas situaciones ambientales corrigiendo su comportamiento nutricional y modificando sus hábitos en forma plástica. Esto lleva tiempo y genera estrés.

### **El metabolismo de los herbívoros**

El interior del animal, al que se accede atravesando la piel o los tejidos que limitan los sistemas digestivo, urinario, respiratorio, circulatorio y reproductivo. está compuesto casi totalmente por agua (88%). El animal mantiene estable su hidratación monitoreando variaciones en su concentración de sal, lo que explica su extrema

necesidad de este nutriente. Del total de agua del animal dos tercios es contenido en el interior de las células, el resto en el torrente circulatorio. Para mantener su temperatura y funciones metabólicas, el organismo requiere energía, por lo que abre las moléculas carbonadas en las mitocondrias, pasando su energía al ATP y liberando CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. La acumulación del CO<sub>2</sub> en el organismo puede resultar tóxica, por lo que debe ser expulsado rápidamente vía la respiración. Las enzimas que regulan el metabolismo celular y las membranas plasmáticas que relacionan el interior de las células con su exterior son compuestos proteicos que funcionan acorde a un delicado equilibrio iónico. Dicho equilibrio puede ser afectado por la presencia de *radicales libres* producidos por la respiración mitocondrial, que no es completamente eficiente, y por el sistema inmune.

Una pequeña cantidad de la energía liberada en la mitocondria (3%) determinará la formación de oxidrilos que pueden generar daños oxidativos a las proteínas, modificando su estructura y función, afectando así el funcionamiento fisiológico del organismo. El accionar de los radicales libres, llamado *estrés oxidativo*, ocurre siempre a los animales, independientemente de su edad, tamaño y especie, generando catabolismo proteico. Los organismos superan el estrés oxidativo acelerando el pasaje de oxidrilos a agua oxigenada (que terminará en agua y oxígeno) u oponiéndole un escudo de defensa antioxidante compuesto por vitaminas E (que es recompuesta a partir de vitaminas A y C) y metalo-enzimas que contienen bivalente (cobre, zinc, manganeso y selenio). El proceso descrito constituye un límite a la producción animal y causa el fin de su vida.

La energía que se libera en las mitocondrias está disponible para el mantenimiento del organismo. Satisfecho lo requerido en primer lugar, el sobrante de energía es utilizado en crecimiento y producción. El hipotálamo regula el balance energético del organismo, monitoreado por varios sistemas metabólicos (basal, crecimiento, reproducción o lactancia) ocurriendo estrés cuando debe privilegia un eje funcional sobre otro, como sufre la vaca antes de parir. Las mejoras genéticas magnifican las capacidades productivas en los animales aumentando su actividad metabólica (ej. las vacas lecheras), chocan con los seguros de auto- preservación de los animales y contribuyen al estrés oxidativo. Otras razones que derivan en elevado estrés son cambios de dieta o de ambiente, aumentando los requerimientos de mantenimiento en el animal estresado, reduciendo la producción y pudiendo limitar la función reproductiva. Hay carencias minerales que aumentan las consecuencias del estrés reproductivo.

### **Impacto de los herbívoros**

Si los suelos son pisados por los herbívoros estando secos o cubiertos con vegetación herbácea, no muestran compactación superficial. El incisivo accionar de cascos y pezuñas puede disturbar severamente la estructura superficial de los suelos si, al ser pisoteados, están húmedos o desnudos en su superficie. Los suelos muy mojados no pueden soportar el peso del animal al patinar los agregados entre sí, cediendo la superficie del suelo y formándose profundas huellas. El tránsito repetido de hacienda en estas condiciones *barrosas* determina que la estructura del suelo se debilite progresivamente y sufra amasado,

formándose “costillas trasversales” en los caminos de acceso a la aguada. El daño por amasado resulta del repetido tránsito de hacienda en condiciones de suelo muy húmedo, como lo que le sucede al suelo de un corral de encierre de hacienda. La macro-porosidad es comparativamente más afectada por el pisoteo que la porosidad total, reduciendo la aireación y capacidad de infiltración en los suelos. Los efectos del pisoteo sobre el crecimiento y composición botánica de la pastura son frecuentemente visibles en los senderos. Resisten el pisoteo especies forrajeras con coronas bajas (gramillas, raigrases o poas) mientras que resultan susceptibles cuando las yemas de renuevo se elevan algo sobre el suelo (pastos cespitosos perennes, trébol rojo) pudiéndose ver afectado su rendimiento en un 50%.

El accionar de los animales en pastoreo pueden perturbar o dinamizar los ambientes pastoriles según los momentos en que ocurren, la frecuencia con que se reiteran, las condiciones ambientales y las interacciones con otros componentes del ecosistema. Normalmente, hacen daño altas frecuencias y tienen efectos positivos si son seguidas por periodos de recuperación. El daño se manifiesta cuando los herbívoros reiteran con frecuencia la selección o el rechazo de manchones o sitios de pastoreo, por costumbre, confort, topografía o distancia a la aguada. Suelen diseñarse manejos que orientan la distribución de los animales, mediante su concentración en densos rodeos que circulan por el espacio de pastoreo. Dicho manejo controlado tiene como riesgo que puede sub-nutrir a los animales que son forzados a ingerir determinadas especies o estructuras vegetales y, como beneficio que borra toda impronta de sub-pastoreo, haciendo aprovechable que toda la superficie de pastoreo.

No daña la concentración de animales sobre una superficie determinada en un determinado momento, si se permite la recuperación de la superficie del suelo al brindarse descansos entre pastoreos. El riesgo de concentrar animales surge ante la escasez circunstancial de forraje en alguna parcela o si están acostumbrados a pasar de parcela en horarios prefijados, ya que los animales pueden incrementar sus movimientos en los límites de la parcela que ocupan, procurando pasar a la siguiente. Para evitar daños por pisoteo en épocas lluviosas, es aconsejable pasar a los animales a la parcela que sigue antes que se les agote el forraje en la que están. Es destacable el beneficio impacto que los animales pueden causar cuando son muchos y pierden el cuidado de donde pisan. Estando excitados, herbívoros de mediano o mayor tamaño pueden pisotear malezas o matas altas de paja, mezclar tierra con residuos vegetales, moler tejidos vegetales altamente esclerosados, romper costras endurecidas en la superficie del suelo, etc. Es posible utilizar ésta técnica para provocar esporádicamente ciertos disturbios en áreas localizadas, valiéndose de ciertos atractivos (ej. heno, ración, sales, etc.) o aumentando significativamente la densidad animal y restringiendo levemente la oferta de forraje.

La presencia animal en los campos de pastoreo implica el consumo y la devolución de nutrientes lo cual, de ser perfectamente distribuido, no tendría costo para el sistema pastoril. Lamentablemente, la distribución de heces y orina no es uniforme en las pasturas y es muy significativo el costo por traslado de nutrientes a determinados lugares de reunión de animales, cerca o dentro del área de pastoreo. En el caso de las vacas lecheras este costo se multiplica por ser su dieta muy rica, y proporcionalmente, mayores los periodos

que pasan fuera del área de pastoreo. Heces y orina pueden tener efecto sobre una pastura, variando de manera localizada el rendimiento, calidad, palatabilidad y composición del tapiz forrajero. Debido a que los manchones de fertilidad exceden las áreas cubiertas por orina, cada animal puede afectar diariamente entre 4 y 8 m<sup>2</sup> de superficie y, tras un año de pastoreo, 4% a 20% de la pastura mostrará el impacto, según sea la carga y tipo de animal. En esos manchones, que son rechazados por los animales durante dos meses, aumenta el crecimiento de la pastura, permitiendo el establecimiento de especies amigas del nitrógeno. El cubrimiento anual por heces interesa aproximadamente un 1-5% de la pastura, aportando grandes cantidades de nutrientes que son lentamente liberados. Un área 4-10 veces mayor a la bosta puede ser rechazada por más de un año, creciendo las plantas vecinas un 20% más rápido durante 2 o 3 meses después de la deposición. El exitoso establecimiento de especies forrajeras palatables en la periferia de las deyecciones, donde están garantizados descansos y mayores niveles de fertilidad, puede ser aprovechados mediante prácticas de manejo como la *siembra a culo*.

Los bovinos son extractores netos de nitrógeno del sistema pastoril, al eliminar por orina entre el 60 y el 80 % de lo ingerido. depositándolo en puntos discretos y en una concentración equivalente a 500kg de urea por hectárea. Esto suele resultar tóxico para las plantas y ocasionar pérdidas por lixiviación profunda y volatilización. Un 15-30% del nitrógeno orinado es volatilizado, proceso que supera anualmente los 10kg de nitrógeno por animal grande, duplicándose la extracción del área de pastoreo al sumarse lo orinado en lugares de concentración animal (dormideros, aguadas, lugares sombreados, etc.).

Estimando que cada unidad ganadera extrae anualmente de las áreas en que pastorea el equivalente a una bolsa de urea, se comprende la progresiva pauperización ocurrida en los sistemas que son pastoreados, evidenciado por reducciones en la relación C:N del forraje disponible. Tamaños costos por volatilización y mala distribución animal hacen poco significativa la fertilidad que parte viajando en camión. La forma de recuperar la fertilidad de estos ecosistemas pauperizados es incorporando leguminosas o mediante costosas fertilizaciones. Por otra parte, deberá asegurarse una uniforme distribución animal en las áreas de pastoreo.

*La primera riqueza exportable de la colonia del Río de la Plata (cueros, charque) surgió de la caza de los herbívoros traídos por los europeos, que medraron en los ambientes pastoriles de nuestro país. Posteriormente, se los dejó circunscribe en potreros cuyo tapiz se fue deteriorando como consecuencia del pastoreo, porque solo se asignaba la carga animal y controlaba la sanidad, sin realizar manejo pastoril alguno. Conocimientos actuales informan sobre las características evolutivas de los herbívoros para (i) adaptarse a situaciones cambiantes, (ii) cosechar forrajes de mediana calidad, y (iii) transformarlos en proteína de alta calidad. Buceando en este atractivo, complejo y poco conocido mundo de los herbívoros en pastoreo, se debe sintonizar la eficiencia de los procesos fermentativos del forraje, aprovechando sus adaptaciones al ambiente y capacidad de satisfacer los requerimientos, para producir bienes comercializables mediante un manejo pastoril apropiado. Analizando el comportamiento de los herbívoros, se puede morigerar su impacto sobre los ambientes pastoriles, buscando formas para que dinamicen*

*el funcionamiento de dichos ecosistemas. Algunos recorrerán rápidamente los campos de pastoreo, visitando rincones, aguadas o corrales, donde observarán a los animales hijos de reproductores elegidos por características presuntamente superiores. Quienes quieran hacer bien el manejo pastoril, recorrerán los potreros a pie, a caballo o en sulky, observando el comportamiento animal en diferentes situaciones, analizarán agudamente su impacto sobre el ambiente, diagnosticarán correctamente las causas e implementarán manejos acordes con cada problemática. Les llevará tiempo comprender la interacción de los herbívoros con otros componentes del ecosistema, asociando al ganado al proceso productivo pastoril por su capacidad de transformar pasto en proteína. Reconocerán la necesidad de evitar a los herbívoros situaciones de estrés, garantizándoles confort y buena nutrición. No recurrirán a recetas para manejar algo tan complejo, sino que deberán diseñar formas que dinamicen el funcionamiento del ecosistema pastoril, para que progrese en forma virtuosa, minimizando las pérdidas y acrecentando los beneficios. Esta es labor de pastores, quienes utilizarán su ingenio para acometer tal desafío profesional, elevando virtuosamente el dinamismo del sistema.*

## Bibliografía Citada

Clements, F. E. 1916. Plant succession. Publication 242. Carnegie Institute, Washington, D.C., USA.

Coughenour, MB. 1985. Graminoid responses to grazing by large herbivores: adaptations, exaptations, and interacting processes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 72:852-863.

Díaz Zorita M. 1998. Intensificación de los sistemas de la producción de carne y sostenibilidad en la región pampeana. Memorias I Congreso Nacional sobre Producción Intensiva de Carne. pp 221-235. Buenos Aires y Córdoba. INTA, y Forrajes y Granos Journal.

LART Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección de la Facultad de Agronomía de la UBA

Mc Naughton, S. 1983. Compensatory plant growth as a response to herbivory. *OIKOS* 40: 329-336

Nicolis, G and Prigogine, I. 1977. Self-organization in Non-Equilibrium Systems J Willey & Sons

Noy-Meir, I. 1975. Stability of grazing systems: an application of predator-prey graphs. *Journal of Ecology* 63:459-481.

Observatorio de la Cadena Bovina Argentina (2012). Producción de carne bovina de Argentina: Análisis de factores determinantes. Observatorio de la Cadena de la Carne Bovina de Argentina, informe N°1. Buenos Aires, Argentina. 56 pág. ([http://www.crea.org.ar/images/documentos/investigacion/ganaderia/observatorio/Observatorio%20Ganadero%20-%20Informe%20N%201\\_Publicado.pdf](http://www.crea.org.ar/images/documentos/investigacion/ganaderia/observatorio/Observatorio%20Ganadero%20-%20Informe%20N%201_Publicado.pdf) )

Odum EP 1969 The strategy of Ecosystem Development Science 164: 262-270

Provenza FD, J.J. Villalba, L.E. Dziba, S.B. Atwood, R.E. Banner 2003 Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. Small Ruminant Research 49 (2003) 257–274

Sampson, A. W. 1917. Succession as a factor in range management. Journal of Forestry 15:593–596.

Savory, A. with J. Butterfield. 1999. Holistic management: a new framework for decision making. 2<sup>nd</sup> edition. Washington, DC: Island Press. 616 p.

