

43

83

PEDRO MONTSERRAT-RECODER

LOS SISTEMAS AGROPECUARIOS



PUBLICADO EN
ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA
Tomo XXIV, Núms. 5-6.—MADRID, 1965

LOS SISTEMAS AGROPECUARIOS

por

PEDRO MONTSERRAT-RECODER

SUMMARY

THE GRASS FARMING SYSTEM

It is necessary to go over the gap between fundamental research and farming. Speculation on the function of agrobiosystems is now possible. It is very useful to compare them with ecosystems (mineral cycle, energy flow and biomass marketing) or simplified physical models.

Agrobiosystem is an open ecosystem, closed by man by fertilisers and concentrates application. Human action is force in agrobiosystems is modified by human possibilities depending on marketing.

This philosophy is explained in this paper. I think this will be useful in developing countries. It is possible now to save labour by planification; scientists and technicians together will be able to make an accelerated animal farming progress.

El estudio de la productividad agropecuaria es muy complejo, en especial para el científico que quiera medir y reducirlo todo a fórmulas. Esta complejidad dificulta las generalizaciones científicas de tipo biológico, lo que repercute sobre las técnicas y, por otra parte, sobre la marcha de las explotaciones concretas. Es imprescindible colmar este bache que separa la biología de la explotación normal agropecuaria.

El teórico prefiere ciertas especialidades y con frecuencia pierde la visión de conjunto. Conviene realizar un esfuerzo para conocer la realidad al nivel de las explotaciones, teorizando sobre la marcha de las mismas.

La productividad biológica viene frenada por multitud de factores limitantes; existe una industria agropecuaria que transforma hierba en productos animales; existe una actividad comercial que sitúa en el mercado los productos más convenientes y remuneradores.

Estamos ante un sistema con tres facetas: a) *productividad biológica*, b) *productividad industrial* y c) *comercialización*. Conocido el mer-

is/ dependent on marketing and basic knowledge. The eco/force

cado y el tipo de industria pecuaria posible, llegamos al estudio correcto de la productividad biológica.

Esta ordenación lógica de temas para investigar, esta subordinación al mercado y procesos industriales, es más necesaria en los países con sistemas de explotación poco estabilizados y con escasa tradición técnica.

Veamos a continuación los aspectos relacionados con la productividad biológica, pero siempre insertos en el esquema anterior.

ECOLOGÍA MODERNA

La biología ha progresado. Se estudia el nivel molecular (proteínas, lípidos, enzimas y otras sustancias del protoplasma), el nivel celular, tisular y de órganos; sistemas orgánicos e individuos forman acaso el nivel biológico fundamental, el más estudiado.

Los individuos forman *poblaciones*, con variabilidad que estudian genéticos y seleccionadores. En el nivel superior encontramos comunidades de plantas y animales o *biocenosis*; ciertos aspectos de su estudio se encuentran en pleno desarrollo, en especial la dinámica de comunidades y su funcionalismo o fisiología comunitaria.

Ecosistema, o sistema biológico, es una biocenosis situada en su ambiente de clima y suelo.

Cada ecosistema utiliza minerales, del ambiente, junto con energía luminosa procedente del Sol. Realizan unos *ciclos de materia* y son atravesados por un *flujo de energía*. Esta energía se consume en estructurar las comunidades; las más maduras (selva ecuatorial) son muy complejas y consumen toda la energía asimilada; destrucción y producción se igualan.

Al estructurarse una selva se consume energía, en especial para formar madera o energía biológica poco asequible al hombre y a los animales herbívoros. La agronomía tiende a simplificar dichas comunidades, hasta lograr otras más simples pero que producen alimento para los animales domésticos o el mismo hombre.

Los ecosistemas maduros son muy estables; la simplificación agronómica disminuye su estabilidad, pero dirige el flujo energético hacia lo que pretendemos. La nueva *agronomía ecológica* utilizará estos conceptos, para concentrar dicho flujo en una biomasa apreciada en el mercado.

La ecología moderna permite estudiar biológicamente la productividad de los sistemas agronómicos. Un biólogo especializado en ecología puede estudiar directamente los procesos de producción. Esta ecología permitirá colmar el bache que separa la investigación científico-técnica de la práctica agropécuaria.

Las ideas generales elaboradas por la teoría, ordenarán los experimentos técnicos para que encajen en la práctica agropecuaria; destacará nítidamente lo que tiene mayor trascendencia económica. En la actualidad ya es posible obtener información elaborada y ordenada, que ciertamente será básica para la ordenación económica.

AGROBIOSISTEMAS

Este concepto (Montserrat, 1962) corresponde a ecosistemas más o menos abiertos y equilibrados artificialmente por el hombre; éste simplifica la estructura, especializa comunidades, cierra ciclos de materia y dirige el flujo energético hacia productos cotizados.

La empresa agropecuaria es un sistema muy complejo, con factores limitantes de tipo *ecológico, industrial y comercial*.

a) *Ecológicos*, como factores limitantes climáticos, edáficos y de productividad, tanto vegetal (primaria) como animal.

b) y c) A través de los factores limitantes de *industrialización y comercialización*, la ecología enlaza con la economía mediante un proceso industrial antiquísimo (la ganadería), pero transformador de un producto vegetal poco valioso y perecedero (pasto) en productos animales de fácil comercialización por ser normalmente semovientes.

Los sistemas industriales modernos, con maquinaria de características conocidas, se controlan muy fácilmente. La máquina biológica (individuos y sus comunidades) es muy compleja; conviene tomar los sistemas biológicos tal como existen, pero controlando en todo tiempo su productividad.

El profundo conocimiento de los ecosistemas (Odum, 1959) permite intervenir en el funcionamiento de los sistemas agronómicos actuales; el estudio de factores limitantes permite aumentar su eficiencia. No podemos planear agrobiosistemas teóricos, pero podemos actuar sobre los actuales, en el sentido de ordenar su productividad y remover los factores que frenan su funcionamiento.

Estos conocimientos ecológicos pueden aplicarse muy bien a los sistemas que inician la explotación pecuaria. Se trata siempre de aprovechar al máximo la productividad primaria (pasto), para que pueda transformarse eficientemente en productos ganaderos de fácil comercialización. Precisamente cuando el sistema es rudimentario (países intertropicales), estas ideas encauzarán las investigaciones desde un principio, dirigiéndolas por derroteros de una notable eficiencia.

Es más importante aplicar ideas generales donde todo debe improvisarse, que en los países con gran tradición en ganadería y pratericultura. Un estudio ecológico previo —enfocado con visión amplia— destacará lo que limita la producción de pasto y ganado; la actuación será muy

eficaz, removiendo sucesivamente los factores limitantes que se descubran. De esta forma es posible aprovechar al máximo los recursos científicos y los técnicos del país.

Hace poco intentamos aplicar estos conocimientos al estudio de los ecosistemas pastorales pirenaicos (Montserrat, 1964): dimos un cursillo para estudiantes de biología. Esta nueva ecología debe abrir horizontes insospechados al biólogo interesado en el estudio de las comunidades naturales más o menos intervenidas por el hombre.

EJEMPLOS PRÁCTICOS

Para fijar ideas, creo conveniente presentar algunos ejemplos sobre cómo se logra establecer el equilibrio en agrobiosistemas pecuarios.

a) *Factores limitantes climáticos.*

La productividad vegetal neta depende del balance entre productividad bruta y respiración. Ciertas pratenses, con temperaturas nocturnas elevadas, pierden por respiración lo asimilado durante el día; se encuentran en este caso las de origen mediterráneo y boreal (*Phalaris tuberosa*, *Festuca arundinacea*, *Lolium multiflorum*, *L. perenne*, *Phleum pratense*, etc.). Las gramíneas intertropicales (maíz, sorgos, mijos, etc.) se adaptaron morfológica y fisiológicamente, para mantener una importante producción neta aun con temperaturas elevadas.

En climas cálidos predominarán plantas de tipo tropical; en los algo continentales (noches frescas) o con inviernos húmedos y templados, interesan plantas del primer tipo. Muchas veces la producción máxima se obtiene en invierno con plantas del primer tipo y en verano con las subtropicales o tropicales.

El estudio de la productividad neta en pratenses bajo condiciones de clima variables, permitirá acentuar la especialización de cultivares, hasta conseguir la producción máxima sin factores limitantes de tipo climático. Las praderas sembradas pueden especializarse en este sentido, hasta lograr una productividad verde máxima bajo unas condiciones climáticas determinadas.

b) *Factores limitantes edáficos*

El estudio de los sistemas agropecuarios antiguos, pone de manifiesto una pérdida constante de fósforo, exportado al mercado por los animales. En estas condiciones, la fertilización fosfórica aumenta la productividad global, por aportar un fertilizante en mínimo para el sistema.

Esta idea general ya permite orientar los primeros estudios hacia la determinación analítica (en el suelo, plantas y animales) de un posible factor limitante atribuible a fertilidad edáfica.

En prados de guadaña, sin abono, es posible que tanto el fósforo como el potasio sean limitantes; escaseando las leguminosas es seguro un bajo nivel de nitrógeno. En los prados con leguminosas, interesa conocer el momento apropiado para fertilizar con nitrógeno sin llegar a comprometer su vitalidad.

c) *Factores limitantes de fisiología vegetal.*

El concepto moderno de *Índice del Área Foliar* o IAF (LAI en inglés), guía mucho respecto al aprovechamiento máximo de la luz por el césped.

Es conocido que las leguminosas proporcionan a sus bacterias radicícolas una savia elaborada con relación C/N alta (rica en sustancias hidrocarbonadas); si aumenta la fotosíntesis sin variar la entrada de N por las raíces, se incrementa dicho cociente; si fertilizamos con nitrogenados disminuye. La fotosíntesis aumenta con suficiente número de hojas iluminadas, aumenta C/N y, por lo tanto, se *emplea energía biológica* en fijar N atmosférico.

En sistemas cuyo factor limitante es la luz, con escasa energía incidente para la productividad primaria, es lógico que si los nitrogenados son baratos se empleen en abonar gramíneas que respondan eficientemente a su aplicación: caso del *Lolium multiflorum* en la explotación ganadera intensiva de Holanda. De esta forma se canaliza la energía solar, recibida por el sistema, hacia una elaboración máxima de biomasa vegetal, sin pérdidas energéticas por fijación del N atmosférico.

Los sistemas agropecuarios intertropicales, en especial si carecen de leguminosas adecuadas, es lógico que traten de aumentar sus proteínas mediante la aplicación de nitrogenados; de esta forma pueden aprovechar eficientemente las condiciones óptimas de luz y temperatura en la producción de abundante materia vegetal. En este ambiente será útil una leguminosa que no pueda ser sofocada por las gramíneas tropicales más productivas. El problema puede plantearse en el terreno de la facilidad para el rebrote, con leguminosas que al ser pastadas o segadas tomen la delantera a las gramíneas y disfruten la plena luz una temporada; de esta forma disponen de energía suficiente para fijar el N atmosférico.

d) *Factores limitantes de productividad estacional.*

En este caso la investigación puede orientarse hacia la consecución de pasto para las épocas críticas.

Ante todo, conviene estudiar la fuente normal de pasto (producción básica), concentrando la atención en pratenses que por sus características ecológicas puedan completarla.

Al final se investiga si es posible aumentar la producción en época favorable o conviene más forzar la producción a destiempo. En el primer caso conviene estudiar todo el proceso de conservación, con factores limitantes de tipo industrial (mano de obra, maquinaria adecuada, etcétera). Entramos ya en un terreno donde el planteamiento viene facilitado por el hecho de tratarse de máquinas construidas por el hombre o trabajo que puede regular el empresario.

e) *Factores limitantes por plagas.*

Estamos en pleno dominio ecológico. Interesa conocer los ciclos de estas plagas y comprobar si algunas plantas o animales son resistentes.

Romper ciclos alternando el pastoreo con animales de distintas características (rumiantes-équidos, por ejemplo), o aprovechando pastos nuevos (después de un cultivo) para los animales jóvenes, lo que reducirá la tasa de infección y activará el crecimiento.

Como es lógico, en este campo podríamos multiplicar los ejemplos; no insistimos porque es acaso el más conocido.

f) *Factores limitantes de la explotación.*

Mano de obra escasa y dificultades para la mecanización suelen ser los más frecuentes.

Debe tenerse en cuenta que la actuación humana viene regulada por una serie de factores, entre los que destaca su formación científico-técnica y las disponibilidades de capital. La mecanización es posible si existe suficiente capital y una rentabilidad previsible.

Esto hace destacar nítidamente la importancia de los factores de mercado, como reguladores de toda la actuación humana; una buena venta permite intervenir más intensamente sobre todo el sistema en su conjunto.

LA INVESTIGACIÓN EN LOS AGROBIOSISTEMAS

Vimos sumariamente la interacción de factores en el sistema productor agropecuario. Limitaciones sobre productividad vegetal frenan la productividad del ganado; una comercialización deficiente dificulta la gestión técnica. El sistema consta de máquinas biológicas de control muy difícil por el hombre; debemos aprovechar convenientemente los sistemas que ya existen y funcionan con sus limitaciones específicas.

La ecología moderna debe ayudarnos a descubrir factores limitantes en cada escalón del sistema; un estudio previo del ambiente y agrobiosistemas explotados, comparándolos con ecosistemas naturales parecidos, facilitaría la determinación de los factores que frenan notablemente la productividad global. Los factores limitantes de la productividad primaria (pasto) repercuten, acrecentándose, en la mala rentabilidad de toda la explotación. Con dificultad dominaremos la estructura íntima del sistema, pero podemos controlar entradas y salidas del mismo (ambiente geofísico y mercado); su conocimiento detallado debe simplificar la investigación sobre ecología de la productividad en un ecosistema determinado.

Conocido el ambiente, los productos finales que interesan y la degradación de energía —disminución del flujo energético a través del sistema—, pueden construirse modelos físicos simplificados como los utilizados por Odum (1960) y Margalef (1962). La energía mecánica o eléctrica que fluye a través del sistema construido por el hombre, proporciona ideas claras respecto a factores que pueden limitar el funcionamiento en sistemas biológicos más complejos, pero hasta cierto punto similares al construido por nosotros. Del modelo físico podría pasarse finalmente al matemático, con posibilidad de emplear computadores electrónicos. La ingeniería de sistemas complejos proporcionará ideas fructíferas a los interesados por este tema.

APLICACIÓN PRÁCTICA

Las ideas expuestas pueden parecer demasiado teóricas; sin embargo, interesa reunir en un cuerpo de doctrina jerarquizado todos los conocimientos dispersos sobre ecología de la productividad en el sistema pasto-herbívoros. Es sistema complejo que funciona como un todo, y como tal debe estudiarse.

Los aspectos parciales, los correspondientes a subsistemas, permiten dilucidar algunas facetas de dicha productividad; si los relacionamos con el sistema global, adquieren una perspectiva que admite las generalizaciones.

La literatura especializada que todos consultamos, está llena de resultados contradictorios en experimentos planteados idénticamente, pero realizados en ambientes distintos o en tipos de explotación no comparables. El estudio de los agrobiosistemas, permitiría realizar las generalizaciones correctas y ordenar los conocimientos detallados o fragmentarios.

Las ideas expuestas y otras relacionadas con ellas, nos han sugerido infinidad de líneas de trabajo prometedoras para las condiciones españolas; lo mismo puede ocurrir en otros países. El esquema de la productividad biológica es el mismo en todas partes; sólo varía el ambien-

te y la complejidad estructural del sistema. Por otra parte, los agrobiosistemas tienden hacia la simplicidad estructural —siempre que sea compatible con su estabilidad—, lo que facilita profundizar el estudio de las comunidades más prometedoras.

Es clásico el ejemplo del prado pastado inglés: raigras y trébol blanco casi exclusivos. En España tenemos los gramales (*Cynodon dactylon* y *Trifolium fragiferum*) utilizados como agostaderos, y los majadales (*Poa bulbosa*, *Trifolium subterraneum*, *T. suffocatum* y *Trigonella ornithopodioides*). Algunos *Paspalum* y *Digitaria* tropicales acaso puedan formar prados pastados muy simples.

Por selección aún podrían simplificarse más estos pastos ultrasimples, para facilitar un aprovechamiento a pico pocos días después de realizado el anterior; de esta forma se obtendría una mayor producción de renuevo tierno, nutritivo, en césped unistrato y con estructura bioquímica simplificada: predominio de la *clorofila A* sobre los demás pigmentos. Esta simplificación extraordinaria del sistema, permite una llegada más rápida de la energía solar a través del sistema y con escasas pérdidas. El «turnover» (renovación de la biomasa) vegetal sería rápido, permitiendo sostener una carga ganadera máxima por unidad de superficie pastada.

Los rumiantes en pleno crecimiento, transforman de manera eficiente la biomasa vegetal en carne; de esta forma sería posible dirigir la energía solar hacia la consecución de una a tres toneladas de peso vivo por hectárea y año. Esto podrá conseguirse en condiciones óptimas y nunca con ganado estante sobre la parcela (animales con incremento de peso máximo); interesa mucho conocer este potencial teórico y saber a ciencia cierta si en el óptimo pueden obtenerse una o tres toneladas de carne por hectárea y año.

Este *potencial teórico* corresponde a las posibilidades de un pasto muy productivo y en un ambiente óptimo; aún estamos lejos de conocerlo. El potencial teórico se vislumbra en países con práticamente muy adelantada (incrementos anuales de una Tm/Ha en el R. U.), pero puede ser rebasado ampliamente en países con climatología más favorable para la productividad vegetal. En todos los países intertropicales convendrá investigar el sistema simplificado más eficiente.

En todas partes interesa tener pronto una idea de las posibilidades reales para alcanzar producciones rentables, contando sólo con los medios disponibles actualmente. Este *potencial práctico* se alcanza al remover los factores limitantes básicos, con plantas y animales normales en el país; conviene que también el tipo de explotación sea normal. Un ligero estudio demostraría que todas las explotaciones funcionan con rendimientos que casi nunca alcanzan la mitad de este potencial práctico, y a menos de una décima del teórico.

CONCLUSIÓN

Acabamos de mencionar un potencial asequible en todas partes; siempre podemos ajustar mejor el funcionamiento de los agrobiosistemas explotados actualmente y con entera independencia del estado de desarrollo de un país. Delimitado el sistema, conocido el ambiente (entradas) y el mercado (salidas), podemos descubrir rápidamente los factores que limitan su funcionamiento económico. Conjuntada la empresa agropecuaria y aumentada su productividad, comparando eficiencias (*método comparativo*), podemos sustituir los subsistemas por otros más eficientes. Este es el caso de comparar dos forrajeras (o praderas sembradas) para quedarnos con la más útil para el agrobiosistema; lo mismo podríamos decir respecto a razas de ganado o a sus cruces industriales. El método comparativo tiene aplicación universal y, bien planeado, será extraordinariamente fructífero.

RESUMEN

Debe colmarse el hache que separa la investigación básica de la práctica agropecuaria. Podemos teorizar sobre cómo funcionan los agrobiosistemas. Es útil emplear modelos naturales (ecosistemas) y otros físicos simplificados. Esquemáticamente tenemos unos ciclos minerales con un flujo energético elaborador de una biomasa comercializable.

Agrobiosistema es un ecosistema simplificado y abierto, que cerramos artificialmente con abonos y piensos comprados. Esto hace pensar que el impulso humano se debe al mercado (venta ventajosa) y a los conocimientos básicos (científico-técnicos) adquiridos. Siempre las posibilidades de comercialización regulan la ecología humana en la productividad agropecuaria.

Estos conocimientos teóricos pueden orientar la investigación de pastos en países con escasa tradición técnica agropecuaria y en fase de desarrollo; es posible ahorrar esfuerzos y canalizarlos, para que científicos y técnicos logren un desarrollo agropecuario acelerado.

BIBLIOGRAFÍA

- MARGALEF, R. 1962. Modelos físicos simplificados de poblaciones de organismos. *Mem. R. Acad. C. y A. de Barcelona*, 34 (5): 83-146. Barcelona.
- MONTSERRAT, P. 1962. Las bases de la pratericultura moderna, 62 págs. Publ. 47 Obra Social Agrícola de la Caja de Pensiones, Vía Layetana, 56. Barcelona-3.
- — 1963. The ecology of farming systems. *The Agronomic Evaluation of Grassland, First Symposium E. G. F.*, pág. 62, sept. 1963. Hurley (U. K.).
- — 1964. Ecología del pasto, 68 págs. Publ. Centro Pirenaico de Biología exper. Jaca (Huesca).
- ODUM, E. P. y H. T. 1959. *Fundamentals of Ecology*, 2.^a ed., 546 págs. W. B. Saunders Co. Filadelfia-Londres.
- ODUM, H. T. 1960. Ecological potential and analogue circuits for the ecosystem. *Amer. Scientist*, 48: 1-8.