

# Avances de investigación en producción animal en Iberoamérica



Octavio A. Castelán Ortega / Adolfo Álvarez Macías  
Alberto Bernués Jal / Juan Carlos Ku Vera / Vicente C. Silveira  
COMPILADORES

Octavio A. Castelán Ortega (México) / Adolfo Álvarez Macías  
(México) / Alberto Bernués Jal (España) / Juan Carlos Ku Vera  
(México) / Vicente C. Silveira (Brasil)  
Compiladores

# AVANCES DE INVESTIGACIÓN EN PRODUCCIÓN ANIMAL EN IBEROAMÉRICA



Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán  
Mérida, Yucatán, México  
2012

D.R. © UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE YUCATÁN, 2012

Prohibida la reproducción total o  
parcial de esta obra sin permiso  
escrito del titular de los derechos.

SECRETARÍA DE RECTORÍA  
Departamento Editorial  
Calle 61 núm. 526 entre 66 y 68  
Tel. (999) 924-72-60  
Fax. (999) 923-97-69  
Mérida, Yucatán, México

Impreso en Yucatán, México  
Printed in Yucatan, Mexico

ISBN: 978-607-8191-42-0

SF Avances de investigación en producción animal en  
55 Iberoamérica / Octavio A. Castelán Ortega ... [et al.],  
.L29 compiladores.-- Mérida, Yuc. : UADY, 2012.

.A93  
2012

505 p. : il.

1. Guía de animales—Investigaciones—América Latina.  
2. Ganadería—Investigaciones—América Latina. 3. Alimentos de origen animal—América Latina. 4. Guía de animales—Investigaciones—España. 5. Ganadería—Investigaciones—España. 6. Alimentos de origen animal—España. I. Castelán Ortega, Octavio A.  
ISBN: 978-607-8191-42-0

Lib-UADY

## ÍNDICE

Presentación ..... 11

### **PRESERVACIÓN Y SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS TRADICIONALES DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

PRODUCCIÓN DE CERDOS CRIOLLOS CON INSUMOS LOCALES EN UN SISTEMA INTEGRADO A LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ..... 15  
*W. Trejo-Lizama, R. Santos-Ricalde*

CARACTERIZACIÓN, CONSERVACIÓN Y PROMOCIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS DE INTERÉS AGROALIMENTARIO: CASO PRÁCTICO DE LA CHURRA TENSINA, RAZA OVINA ESPAÑOLA EN PELIGRO DE EXTINCIÓN..... 35  
*A. Sanz, J. Álvarez-Rodríguez, M. Joy, G. Ripoll, A. Marcos-Carcavilla, M. Serrano, J.H. Calvo*

PRODUCCIÓN DE OVINO LECHERO EN EL PAÍS VASCO: EVOLUCIÓN RECIENTE Y SOSTENIBILIDAD DE UN SISTEMA GANADERO ..... 57  
*I. Beltrán de Heredia, B. Díez-Unquera, N. Mandaluniz, E. Ugarte, R. Ruiz-Santos*

PRODUCCIÓN DE ALIMENTO, FORRAJE Y SERVICIOS AMBIENTALES DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN YUCATÁN, MÉXICO ..... 79  
*J.A. Caamal-Maldonado, F. Casanova-Lugo, A. González-Moreno, J. Caamal-Caamal, P. Xiu-Canché, J. Navarro-Alberto, J.B. Castillo-Caamal*

### **AVANCES EN INVESTIGACIÓN EN CALIDAD E INOCUIDAD DE PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL**

UN MODELO DE SINERGIA EN LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL ..... 107  
*G. Prado, M.A. Cerbón, I. González, M. Noa, F. de León González*

FRAUDES EN LECHE Y DERIVADOS EN MÉXICO .....	149
<i>S. Vega y León, R. Gutiérrez Tolentino, G. Urbán Carrillo, A. Ramírez Ayala, A. Escobar Medina, M. Coronado Herrera</i>	
METODOLOGÍAS APLICADAS EN LA DETECCIÓN DE ADULTERACIONES DE LA LECHE .....	189
<i>R. Gutiérrez, S. Vega, A. Ramírez, M. Coronado, F. Martínez, J. Pérez, M.L. Ramírez, G. Urbán</i>	
DEL PASTO A LA MESA: MEJORA DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE DOS QUESOS ARTESANALES DEL ESTADO DE MÉXICO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LAS BASES DE SU DENOMINACIÓN DE ORIGEN .....	225
<i>O.A. Castelán Ortega, J. Estrada Flores, A.D. Solís Méndez, G. Yong Ángel, F. Avilés Nova</i>	

## **ANÁLISIS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

RECONFIGURACIÓN TERRITORIAL E INTEGRACIÓN VERTICAL DEL SISTEMA LÁCTEO EN MÉXICO: LECCIONES A PARTIR DEL CASO DE QUERÉTARO .....	253
<i>A. Álvarez-Macias, E. Montaña-Becerril, Robert W. Cárcamo Mallen</i>	
NUEVOS ENFOQUES PARA EL ESTUDIO DE SISTEMAS AGRO-SILVO-PASTORILES: ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD Y MODELOS DE SIMULACIÓN .....	277
<i>B. Díez-Unquera, R. Ripoll-Bosch, R. Ruiz, D. Villalba, A. Olaizola, I. Blasco-Aramendía, G. Ripoll, A. Sanz, I. Casasús, M. Joy, I. Beltrán de Heredia, F. Ameen, E. Molina, A. Bernués</i>	
ZONIFICACIÓN PARTICIPATIVA DEL PAISAJE AGROPECUARIO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO EL PINAR, CHIAPAS.....	305
<i>L. Medina Sanson, C. Tejeda Cruz, D. Güiris Andrade</i>	
PROGRAMA DE SIMULAÇÃO PAMPA CORTE PARA BOVINOS DE CORTE E OVINOS: DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVAS .....	347
<i>V.C.P. Silveira</i>	

IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS PRODUCTORES DE OVINOS A TRAVÉS DE FUNCIONES Y PROPÓSITOS Y SU RELACIÓN SOCIOECONÓMICA EN DOS COMUNIDADES MARGINADAS DEL ESTADO DE MÉXICO .....	365
<i>E. Sánchez Vera, O. Muñoz Guzmán, C. Arriaga Jordán, A. Espinoza Ortega, E. Martínez Castañeda</i>	

## **AVANCES EN INVESTIGACIÓN SOBRE TEMAS EMERGENTES EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA EL CONTROL DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN PEQUEÑOS RUMIANTES: ESTADO DEL ARTE .....	393
<i>J.F.J. Torres-Acosta, C. Sandoval-Castro, R. Cámara-Sarmiento, A.J. Aguilar-Caballero</i>	

LAS ARVENSES Y ESPECIES NATIVAS UTILIZADAS COMO FORRAJE EN LOS SISTEMAS GANADEROS, COMO MEJORADORAS DE LA EFICIENCIA RUMINAL Y REDUCTORAS DE EMISIONES DE METANO .....	413
<i>J.G. Estrada-Flores, R. Martínez-Loperena, E. Andrade-Rivero, A.R. Martínez-Campos, O. A. Castelán-Ortega</i>	

## **AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN**

USO DE ESPECIES LEÑOSAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL .....	447
<i>L. Ramírez Avilés, J.C. Ku Vera, F.J. Solorio Sánchez, C.A. Sandoval Castro, A.J. Ayala Burgos</i>	

ESTRATEGIAS DE SUPLEMENTACIÓN PARA EL GANADO RUMIANTE CON BASE EN RECURSOS ALIMENTARIOS TROPICALES.....	467
<i>A.J. Ayala-Burgos, J.C Ku-Vera, L. Ramírez-Avilés</i>	

CONTRIBUCIÓN DEL FRIJOL TERCIOPELO ( <i>Mucuna sp.</i> ) PARA REDUCIR LA INSEGURIDAD ALIMENTARIA EN ÁREAS TROPICALES .....	481
<i>J.B. Castillo-Caamal, L.A. Sarmiento-Franco, A.J. Ayala-Burgos, A.J. Chay-Canul</i>	

# NUEVOS ENFOQUES PARA EL ESTUDIO DE SISTEMAS AGRO-SILVO-PASTORILES: ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD Y MODELOS DE SIMULACIÓN

*B. Díez-Unquera<sup>1</sup>, R. Ripoll-Bosch<sup>2</sup>, R. Ruiz<sup>1</sup>, D. Villalba<sup>3</sup>,  
A. Olaizola<sup>4</sup>, I. Blasco-Aramendía<sup>2</sup>, G. Ripoll<sup>2</sup>,  
A. Sanz<sup>2</sup>, I. Casasús<sup>2</sup>, M. Joy<sup>2</sup>, I. Beltrán de Heredia<sup>1</sup>,  
F. Ameen<sup>4</sup>, E. Molina<sup>3</sup>, A. Bernués<sup>2</sup>*

**RESUMEN** El futuro de la agricultura, y en particular de la producción animal, es objeto de un intenso debate público y científico que gira alrededor de la sostenibilidad de los sistemas de producción. La sostenibilidad implica la capacidad de autorreproducción de los elementos esenciales —económicos, ambientales y sociales— de una determinada explotación o sector productivo, teniendo en cuenta las relaciones con el entorno socio-económico, cultural, político, de mercado, etc., que es crecientemente determinante y está sometido a cambios constantes y frecuentemente imprevisibles. En este trabajo se presentan dos ejemplos ilustrativos de metodologías aplicadas al análisis sistémico en ganadería de rumiantes en el norte de España. En el primer caso, se aplica el marco de evaluación MESMIS de sostenibilidad y manejo de recursos en sistemas ovinos con diverso grado de intensificación

1 NEIKER Tecnalia. Granja Modelo de Arkaute, Carretera N-1, km 355, 01192 Arkaute, Vitoria-Gasteiz, España

2 Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España. abernues@aragon.es

3 Universidad de Lleida. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Avda. Rovira Roure Nº 177, 25198 Lleida, España

4 Universidad de Zaragoza. Departamentos de Agricultura y Economía Agraria. Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, España

y orientación productiva. Se describe someramente el proceso de recogida de información, elección de puntos críticos e indicadores y valoración de atributos de sostenibilidad en las áreas ambiental, social y económica. En el segundo caso, se describe brevemente el programa de simulación dinámica NODRIZA para rebaños de vacuno de carne y se presentan resultados de evaluación de alternativas de manejo de rebaño y recursos de pastoreo en condiciones de montaña desde diversas perspectivas: técnica, económica, mano de obra y uso de la tierra.

**Palabras clave:** análisis de sistemas, MESMIS, programa NODRIZA, ovino, vacuno de carne, España

**SUMMARY** The future of agriculture and animal production in particular has become a fundamental issue of public and scientific debate. Sustainability of farming systems is placed in the centre of this debate. Sustainability implies the capacity of self-reproduction of any essential component –economic, environmental and social- of a farm, region or industry in relation of its socio-economic, cultural, political, and market environment. This environment is increasingly influential and changes occur frequently and often are unpredictable. In this paper we present two examples illustrating methodologies applied to the systemic analysis of ruminant farming systems in the north of Spain. In the first example, we use the MESMIS framework to assess the sustainability of a number of sheep farms with different degree of intensification and productive orientation. We briefly describe the data collection, the identification of critical points and indicators, and the assessment of sustainability attributes in environmental, social and economic dimensions. In the second example, we present the software NODRIZA for simulation of beef cattle herds and its application to the evaluation of long-term performance of mountain farms under diverse feeding, reproductive and land use management strategies. Trade-offs between production, economics, land use and labour are briefly discussed.

**Key words:** systems analysis, MESMIS, NODRIZA software, sheep, beef cattle, Spain



## INTRODUCCIÓN

El futuro de la agricultura, y en particular de la producción animal, se encuentra en la actualidad en un proceso de intenso debate público y científico. Dicho debate gira alrededor de la sostenibilidad de los sistemas de producción y de la incidencia de factores de cambio global tales como la evolución de la población mundial, las oscilaciones en los mercados de materias primas y energía, la seguridad y soberanía alimentaria, el cambio climático, los servicios ambientales que los agro-ecosistemas aportan a la sociedad, entre otros. Dichos factores se encuentran frecuentemente interconectados, de manera que no pueden considerarse de manera aislada y se encuentran en permanente cambio.

El concepto de sostenibilidad implica la “reproducibilidad” o capacidad de autorreproducción de los elementos esenciales —económicos, ambientales y sociales— de un determinado sistema (Thompson y Nardone, 1999). Por tanto, incorpora el tiempo como elemento esencial en su propia definición, puesto que considera conjuntamente las demandas sociales actuales y futuras, y estas demandas no son homogéneas ni estáticas. Además, para el caso de las explotaciones agrarias, el entorno, entendido éste en sentido amplio, es crecientemente determinante y sometido a cambios constantes y muchas veces imprevisibles. Dicho entorno está definido, entre otros factores, por las políticas agrarias y otras políticas sectoriales; por los mercados de insumos y productos y las tendencias de consumo; por las nuevas funciones reconocidas de la agricultura y las demandas éticas de la sociedad; la evolución de otros sectores económicos; la globalización de los mercados y los acuerdos internacionales; y por aspectos de cambio global relacionados con cambio climático, la dinámica poblacional, o la creciente escasez de energía fósil (Figura 1).

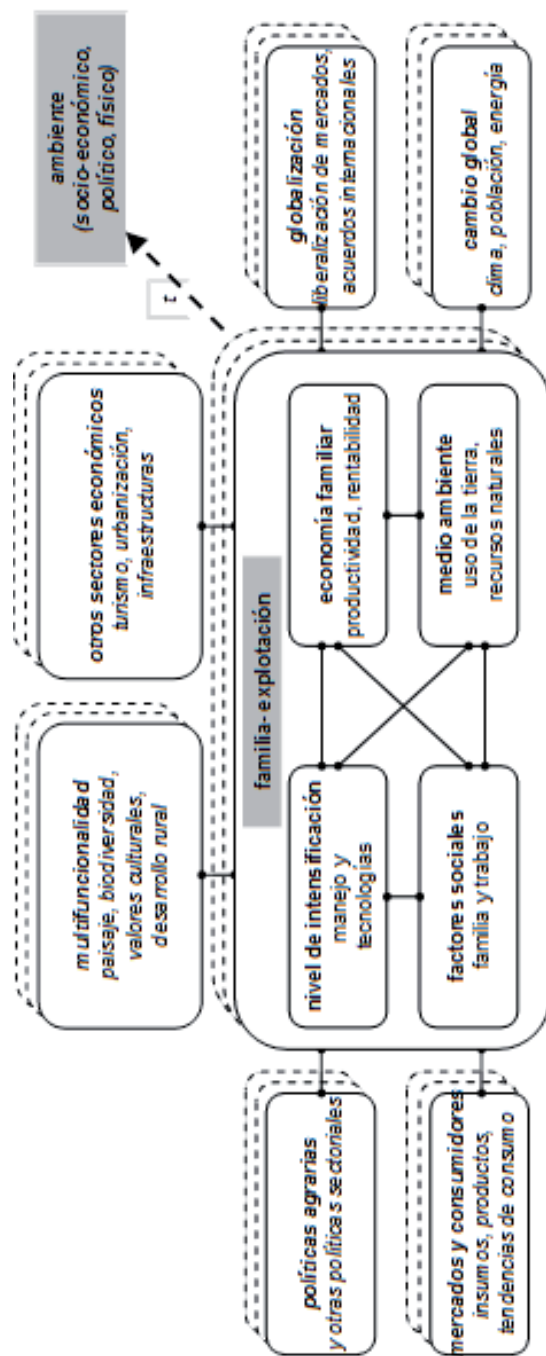


Figura 1. Marco conceptual para el análisis de sostenibilidad de agro-ecosistemas  
Fuente: Modificado de Bernués (2007)

Así pues, es necesaria una perspectiva holística e integradora para alcanzar un conocimiento sistémico de los múltiples fenómenos que determinan la sostenibilidad de los agro-ecosistemas. Los sistemas agro-silvo-pastoriles, de carácter eminentemente familiar y ligados al territorio, deben considerarse no solo como procesos productivos, sino como actividades humanas, por lo que debemos considerar una amplia variedad de factores técnicos, productivos, económicos, ambientales y sociales de la explotación y la familia y del contexto que las rodea. La teoría sistémica ofrece el marco metodológico idóneo para el análisis de las explotaciones agrarias, ya que expresa con fidelidad la naturaleza de sus diferentes actividades. En este marco, la explotación se ha definido como un sistema de actividades y objetivos diversos del grupo familiar que la dirige en función de su propio proyecto y de diferentes restricciones, por ello, no contempla solo la actividad productiva agraria, ni responde a criterios simples y uniformes de optimización, y podemos comprender sus decisiones y necesidades a partir de la visión que tienen los agricultores de sus objetivos y situaciones (Osty (1878), citado por Bernués *et al.* (1995)).

Como todo sistema, la explotación ganadera puede describirse bajo el aspecto estructural (organización de sus elementos constituyentes) o bajo el funcional (procesos y fenómenos dependientes del tiempo). Dicho de otro modo, en un análisis sistémico pueden utilizarse técnicas estáticas o descriptivas, que realizan un diagnóstico instantáneo de una explotación, región o sector productivo; y técnicas dinámicas o prospectivas, que incorporan el tiempo y permiten el estudio de efectos dependientes del mismo, siendo capaces por tanto de analizar a priori los efectos de diversos escenarios o estrategias de manejo sobre los sistemas.

En este trabajo se presentan someramente dos ejemplos ilustrativos de aplicación de estas aproximaciones metodológicas a sistemas de explotación ganadera de rumiantes en el norte de España.

### **Importancia y problemática de los sistemas de ovino en España**

En términos generales, la importancia de los pequeños rumiantes en España y otras zonas de la cuenca mediterránea ha radicado tradicionalmente en su especial significación social, económica y ecológica. Al tratarse de sistemas de producción basados en el aprovechamiento de áreas y recursos naturales de escaso interés para otras actividades productivas, éstos han jugado un papel decisivo en el modelado del paisaje y el mantenimiento de determinados ecosistemas, al tiempo que contribuía de manera determinante en la fijación de población en amplias zonas del territorio consideradas como desfavorecidas.

Esta amplia distribución, unida a la enorme dependencia del medio en que se encuentra, hace que haya una importante diversidad de sistemas productivos, generalmente muy ligados además a diferentes razas autóctonas. Por ello, la producción de ovino ha supuesto un sector estratégico prácticamente para todas las regiones españolas, no solo como fuente de alimentos de calidad sino como fuente de riqueza y por su papel fundamental en el mantenimiento y la gestión del paisaje.

Hay varios aspectos destacables que caracterizan los sistemas de producción de ovino:

- están basados en el aprovechamiento de recursos naturales locales: desde pastos naturales diversos (herbáceos, arbustivos, etc.) hasta residuos de otras actividades agrarias (cultivos, rastrojos, pulpas, etc.);
- tienen una marcada estacionalidad de la producción, y consecuentemente importante fluctuación en los precios de los productos obtenidos a lo largo del año;
- presentan gran dependencia de las subvenciones, especialmente en el caso de los sistemas de aptitud cárnica;
- dependen excesivamente de las condiciones climáticas (en los sistemas de carne) y del coste de los piensos (en sistemas lecheros intensificados);

- sufren falta de relevo generacional, envejecimiento de la mano de obra y excesiva dependencia de la figura del pastor, todo esto agravado por la escasa valoración social de esta profesión y la falta de formación profesional adecuada.

La actividad ovina está presente en aproximadamente 80% de los municipios españoles; con una cabaña nacional que ha experimentado un notable crecimiento durante las últimas décadas: en 1970 había 17 millones de ovejas; 20,3 millones en 1987, y 24,3 en 2001. Sin embargo, a finales de 2008 el censo nacional había descendido de nuevo a 20 millones de cabezas (aproximadamente 25,6% del censo de la UE-25), de las que 85% son de orientación cárnica y 15% lechera. El sector se encuentra inmerso en un proceso de pérdida de censo (10,1% entre 2007 y 2008, si bien el ovino de leche aumentó en 2,3% en el mismo periodo) y de explotaciones, las cuales han descendido desde las 105,600 del año 2000 a las 77,110 del año 2007 (-27%) (MARM, 2009). El sector aporta aproximadamente 12% del Producto Interior Bruto ganadero del país.

El ovino en España, quizá más que el resto de especies ganaderas, se encuentra inmerso en una situación de gran incertidumbre. A los factores descritos anteriormente hay que sumar que las explotaciones tienen, de modo generalizado, índices de productividad bajos, así como falta de estructuras y canales de comercialización adecuados, lo que contribuye a que las rentas derivadas de la actividad sean de las más bajas del sector agrario. Esta situación se produce a pesar de que el sector ha experimentado un proceso más o menos generalizado de intensificación, aunque no siempre acompañada de mejores resultados económicos (Pérez *et al.*, 2007).

En estos momentos es prioritario para los intereses generales del sector centrar el debate sobre los aspectos relacionados con el desarrollo rural y la gestión del territorio y de los recursos naturales, así como la problemática relacionada con la sostenibilidad social (desaparición de explotaciones, condiciones de trabajo, calidad de vida, etc.) y económica de las producciones (descenso en las rentas, pérdida de capacidad adquisitiva, etcétera).

### **Marco de evaluación de sostenibilidad MESMIS**

La sostenibilidad es un concepto complejo y multifactorial que abarca diferentes aspectos de los sistemas, que dificultan su cuantificación. Con el objetivo de evaluar dicha sostenibilidad se han desarrollado metodologías que estudian los agro-ecosistemas en su plano económico, ambiental y social. Entre ellas, el Marco para la Evaluación de Sostenibilidad y Manejo de Recursos Naturales - MESMIS (Maserá *et al.*, 2000) plantea realizar la evaluación mediante indicadores basados en atributos que reflejen los diversos aspectos de la sostenibilidad, con un enfoque sistémico intuitivo, multidisciplinar y contando con la participación de los actores implicados en los sistemas.

El MESMIS define la sostenibilidad a partir de cinco atributos generales de los sistemas:

- Productividad: es la capacidad del agro-ecosistema para brindar el nivel requerido de bienes y servicios.
- Estabilidad: la capacidad del sistema para mantener de manera más o menos constante en el tiempo, y bajo condiciones normales, un determinado nivel de productividad. Recoge también aspectos de Resiliencia: capacidad de retornar a la situación de equilibrio o a los niveles de productividad similares a los iniciales, después de sufrir perturbaciones graves; y Confiabilidad: propiedad de mantener la productividad en niveles cercanos al equilibrio, ante perturbaciones normales del ambiente.
- Adaptabilidad o Flexibilidad: capacidad de encontrar nuevos niveles de equilibrio o continuar brindando beneficios, ante cambios en el ambiente a largo plazo.
- Equidad: es la capacidad del sistema para distribuir de manera justa, tanto intra como intergeneracionalmente, los beneficios y costos relacionados con el manejo de recursos naturales.
- Autosuficiencia: es la capacidad del sistema de regular y controlar sus interacciones con el exterior.

Las etapas en las que se divide el ciclo de evaluación que propone esta metodología son seis. Las tres primeras corresponden a la caracterización del sistema, la identificación de los puntos críticos (que aportan o restan sostenibilidad al sistema) y el desarrollo de indicadores de sostenibilidad tanto económicos, como medioambientales y sociales. En las tres últimas etapas los indicadores medidos se integran en una evaluación multicriterio combinando técnicas cuantitativas y cualitativas, de manera que se pueda realizar un diagnóstico de sostenibilidad y la propuesta de recomendaciones y cambios que mejoren la sostenibilidad del sistema.

Junto con el carácter participativo podríamos destacar otros rasgos de esta metodología como son la evaluación comparativa o relativa (longitudinal: de una explotación a través del tiempo, o transversal: de uno o más sistemas de manejo alternativo o innovador con un sistema de referencia), y el carácter cíclico, por el cual tras una primera evaluación se proponen cambios, con el objetivo de fortalecer el sistema y la metodología utilizada. Para información detallada sobre el marco de evaluación de sostenibilidad MESMIS puede visitarse la página web <http://mesmis.gira.org.mx/> donde se ofrece una descripción detallada, material de apoyo, así como una aplicación on-line.

### **Evaluación de sostenibilidad de sistemas ovinos con diferentes niveles de intensificación**

El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación objetiva y exhaustiva de sostenibilidad en diversos sistemas ovinos representativos de tres áreas geográficas (Cataluña, Aragón y País Vasco) con diferente nivel de intensificación y orientación productiva (carne o leche). Siguiendo los pasos del MESMIS se realizó una caracterización estructural de los sistemas (a modo de ejemplo se presenta el esquema del sistema de explotación de ovino de leche en la Figura 2).

A continuación se realizó un análisis DAFO<sup>2</sup> con la participación de representantes de los diferentes actores implicados (investigadores, técnicos,

2 Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades

ganaderos y consumidores) para identificar los puntos críticos de sostenibilidad. Entre los puntos negativos destacados podemos mencionar la falta de relevo generacional, los altos precios de la alimentación comprada y los bajos precios que se obtienen de la venta de leche líquida y corderos, al contrario de lo que ocurre en el sistema de venta de queso, que en este caso es un punto crítico positivo. Otros aspectos positivos son la posibilidad de usar recursos de pastoreo, la contribución al mantenimiento de espacios de alto valor natural o la oportunidad de comercialización que presentan las marcas de calidad asociadas al cordero (IGP<sup>3</sup> Ternasco de Aragón) o al queso (DOP<sup>4</sup> Idiazabal) en Aragón y País Vasco, respectivamente.

Cada punto crítico se asoció a uno o varios indicadores de sostenibilidad y éstos se clasificaron de acuerdo a los cinco atributos que marca MESMIS (Tabla 1), eligiéndose 37 indicadores de diferente tipo (económicos, ambientales o sociales). Para reunir la información necesaria para calcular los indicadores se realizó una encuesta seguida de controles de seguimiento de un conjunto de explotaciones ubicadas en las áreas de estudio. En la Tabla 2 se muestran las características particulares de las ocho explotaciones tipo estudiadas.

Para realizar la evaluación, los resultados de los indicadores se relativizaron respecto a unos valores de referencia (máximo y mínimo), tomados de diversas fuentes bibliográficas o de los extremos encontrados en la muestra objeto de estudio. Finalmente, se ponderó cada uno de los indicadores de acuerdo a su previsible impacto sobre la sostenibilidad, ya que cabe esperar que aun siendo todos los indicadores relevantes, no todos tienen el mismo impacto. Para ello, los expertos procedieron a ordenar los indicadores seleccionados dentro de cada atributo por orden de importancia. Para establecer el orden definitivo, se tomó el valor medio, y en base a él se estableció la importancia relativa de cada indicador dentro del atributo considerado.

3 Indicación Geográfica Protegida

4 Denominación de Origen Protegida



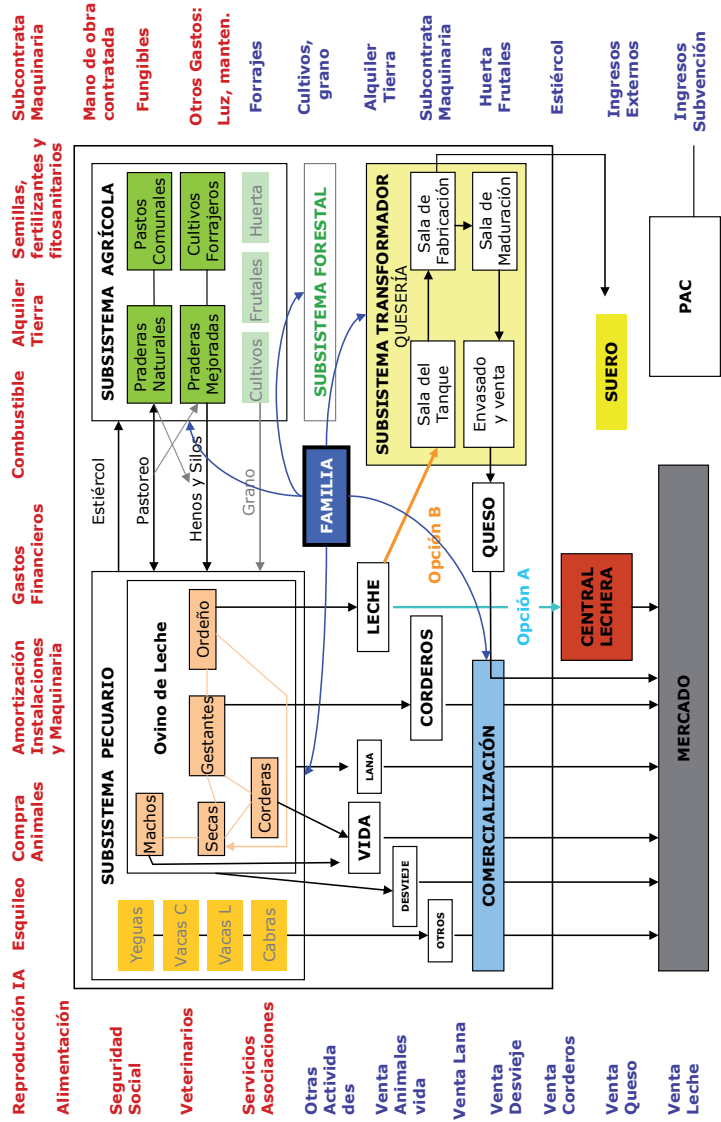


Figura 2. Esquema general del sistema de producción de la oveja Latxa con las dos principales opciones productivas (A=leche; B=queso); posibles subsistemas, relaciones, insumos y productos.

**Tabla 1.** Atributos de sostenibilidad considerados en el análisis

Atributo	Indicador, ponderación (%) y tipo <sup>1</sup>			Indicador, ponderación (%) y tipo <sup>1</sup>		
Productividad (8)	1. Productividad del trabajo (MN/UTA) 2. Productividad animal (MN/oveja) 3. Efic. económica (PFA/costes totales) 4. Productividad de la tierra (PFA/ha)	16	€	5. Efic. aliment.(MJ producto/MJ alim.) 6. Ingresos anim. (PFA animal/ Oveja) 7. Fertilidad del rebaño 8. Ovejas por UTA	13	€
		15	€		12	€
		14	€		09	€
		13	€		08	€
Estabilidad (5)	1. Continuidad (escala) 2. % Ingresos fuera agricultura/ totales 3. Servicios de asesoramiento (escala)	32	S	4. Adecuación instalaciones (escala) 5. Conflictos fauna silvestre (escala)	15	S
		22	S		10	A
		21	€			
Adaptabilidad (7)	1. N° ingresos diferentes 2. % Ingreso principal sobre PFA 4. Competencia por uso de tierra (escala) 3. Grado de formación (escala)	23	€	5. Distancia a mercados (escala) 6. Acceso a comunales (binaria) 7. Distancia a matadero (escala)	10	S
		17	€		10	A
		17	S		07	S
		16	S			
Equidad (10)	1. (MN+SS agraria/UTA)/Salario Ref. 2. Satisfacción personal (escala) 3. Pastoreo (%UFL past./UFLtotales) 4. Efic.energética (MJ E/MJ producto) 5. Pastoreo en áreas protegidas (binaria)	14	S	6. Distancia a núcleo urbano (escala) 7. % Mano de obra contratada 8. Vacaciones (días/UTA/año) 9. Carga ganadera (escala) 10. Razas locales (n°)	11	S
		13	S		08	S
		13	A		06	S
		13	A		06	A
		11	A		05	A
Autosuficiencia (7)	1. Autosuf. Alim. (%UFLcomprada/UFLtot.) 2. Autosuf. Forraj. (%forraje propio/for. total) 3. Endeudamiento (gastos financieros/MN) 4. %UTA familiar/UTA total	18	€	5. % SAU propia/ SAU total 6. % Subvenciones/ MN 7. % Precio productos/ Precio referencia	13	€
		16	€		13	€
		05	€		11	€
		14	S			

Nota: MJ=Megajulio; MN=Margen Neto; PFA=Producción Final Agraria; UTA=Unidad de Trabajo Año; UFL=Unidad Forrajera Leche; SAU=Superficie Agrícola Útil; SS=cuota Seguridad Social. Los porcentajes indican el grado de importancia del indicador dentro del atributo al que pertenece. <sup>1</sup> €=económico, S=social, A=ambiental.

**Tabla 2.** Algunas características de las 8 explotaciones analizadas

Ganadería	1	2	3	4	5	6	7	8
Localización	Aragón	Aragón	Aragón	Cataluña	Cataluña	Cataluña	P. Vasco	P. Vasco
Altitud (m)	1360	927	186	580	130	200	610	277
Pluviometría (mm)	1300	450	380	350	190	245	1059	884
Tª media anual (°C)	7.5	12.4	14.6	13	14	14	11.1	14.1
Edad titular (años)	47	41	53	41	28	50	38	60
Mano de obra (UTA)	1	1,5	2	4	3	3,5	1,5	2,5
Orientación	Carne	Carne	Carne	Carne	Carne	Carne	Leche	Leche
Tamaño del rebaño (madres)	520	575	1417	1420	1500	680	200	320
Otras producciones agro-ganaderas	No	Cereal	Cereal Maíz Girasol	Cereal Forrajeras	Cereal Forrajeras	Fru- tales Forrajeras	No	No
Acceso a comunales	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No
SAU propia (ha)	41	22	260	350	26	4,5	0	16,9
SAU arrendada (ha)	70	363	500	50	51	15,5	7,6	6,2
Comunales (ha)	850	700	1000	50	0	10	14,8	0
Lactancia (días)	60-75	45	55	35	35	35	15	20
Ordeño (días)	0	0	0	0	0	0	140	235
Sist. reproductivo	1p/1a	3 p/2a	3 p/2a	5 p/3a	5 p/3a	5 p/3a	1p/1a	1p/1a
Valor Añadido	No	IGP Ternasco Aragón	No	No	No	No	D.O. Idiazabal	D.O. Idiazabal

Nota: 1p/1a=1 parto al año; 3 p/2a=3 partos en 2 años; 5p/3a=5 partos en 3 años

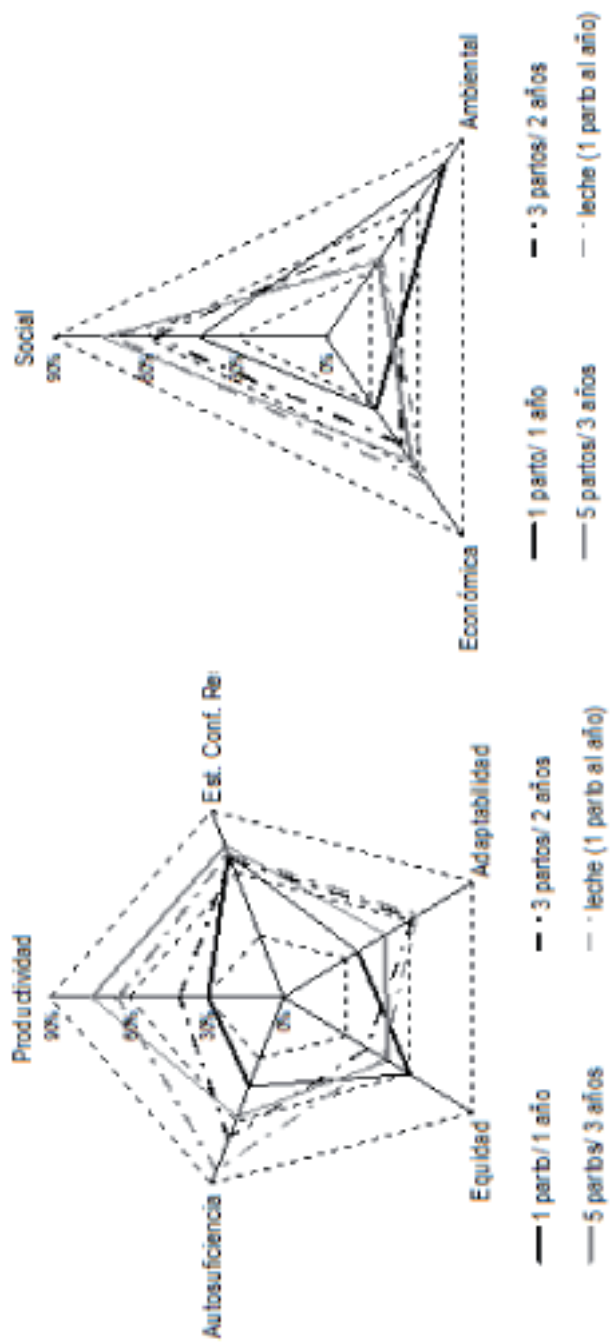


Figura 3. Diagrama de evaluación de sostenibilidad según atributos (a) y áreas (b) para diversos niveles de intensificación de la producción ovina

Los resultados del conjunto de indicadores se presentan agregados en mapas de evaluación de sostenibilidad, que pueden agruparse por atributos (Figura 3a, los indicadores de estabilidad, confiabilidad y resiliencia se consideran uno solo debido a su similitud) o por tipo de indicador (Figura 3b). Para facilitar la interpretación se han agregado las explotaciones según su nivel de intensificación productiva, desde los sistemas de menores insumos de un parto al año, los sistemas de tres partos en dos años, cinco partos en tres años y sistemas de producción de leche.

De manera general puede observarse cómo los sistemas intensivos, de mayores insumos, alcanzan mejores índices de productividad y autosuficiencia económica, mientras que los sistemas de menores insumos tienen mejores valores de equidad, pero son menos productivos y más dependientes de las subvenciones establecidas por la Política Agraria Común (PAC). De manera similar, se contraponen el área económica, que se incrementa a medida que aumenta el nivel de intensificación, con el área ambiental, que sigue una evolución opuesta, es decir, mayor índice de sostenibilidad ambiental en las explotaciones de bajos insumos.

Si bien estos mapas ayudan a interpretar los resultados globales, debido a que cada atributo agrupa varios indicadores, conviene prestar atención a los resultados pormenorizados para saber cuáles son los que más peso tienen en el resultado final o cuáles se compensan entre ellos. Los mejores resultados en los indicadores de **productividad** en los sistemas de cinco partos en tres años y de leche se deben a una mayor eficiencia de la alimentación, así como del uso de la tierra y del trabajo en el caso del primero y a una alta productividad animal en el caso del segundo.

En cuanto a la **estabilidad**, todos los sistemas mostraron valores globales similares. Sin embargo, cabe destacar que las explotaciones de carne de un parto al año y de tres partos en dos años, compensan un bajo nivel de asesoramiento y unas peores instalaciones con unos mayores ingresos externos (pluriactividad), que en lo que respecta a este atributo aporta sostenibilidad a medio plazo.

Los mejores resultados en **adaptabilidad** los presentan las explotaciones de tres partos en dos años y el sistema de ovino lechero debido a una producción más diversificada, un mejor acceso a mercados, y en algunos casos, acceso a tierras comunales.

Si observamos los resultados del atributo **equidad**, los sistemas tradicionales ubicados en zonas marginales obtienen los valores más altos, ya que el uso de razas locales y el bajo consumo energético los convierte en los más respetuosos con el medio ambiente. Cabe destacar el grado de satisfacción de las explotaciones que en general es alto independientemente de los ingresos percibidos.

Finalmente, en **autosuficiencia** se observa que el sistema de ovino lechero obtiene el mejor valor debido a su bajo endeudamiento y al alto precio obtenido por el producto, fruto de la transformación de la leche en queso en la propia explotación.

Podemos concluir señalando dos de los aspectos con mayor peso a la hora de aportar sostenibilidad en las explotaciones de ovino analizadas, por un lado la autosuficiencia alimentaria, que incide directamente en los costes de producción, y por otro lado, la comercialización de productos con alto valor añadido (queso).

## SIMULACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO EN SISTEMAS DE VACUNO DE CARNE

### **Los sistemas de vacuno de carne en zonas de montaña en España**

Las zonas de montaña por su extensión tienen especial relevancia en España. Constituyen espacios más o menos homogéneos en el contexto europeo, con características geográficas, ecológicas, económicas y culturales comunes. La actividad económica tradicional ha sido la ganadería, la cual presenta características específicas de estas zonas, la más característica de las cuales es la utilización diferenciada en el tiempo y espacio de diversos recursos naturales: prados y cultivos forrajeros en fondo de valle (cosecha-

dos en verano y conservados para la alimentación del ganado en invierno); pastos comunales de alta montaña (situados por encima de 1500 msnm y utilizados en verano), y pastos arbustivos y arbolados en zonas intermedias (de naturaleza muy heterogénea y normalmente utilizados a diente en primavera y otoño) (Casasús *et al.*, 2002). Estos últimos pastos tienen gran interés porque han sufrido un acentuado proceso de abandono que ha desembocado en riesgos ambientales muy importantes, como es el caso del incremento de incendios forestales.

Desde la mitad del siglo pasado la ganadería en estas zonas ha sufrido un fuerte retroceso, ligado a procesos de despoblación y desmoronamiento de las estructuras sociales, abandono de zonas agrícolas, descenso del número de explotaciones, cambios de uso de la tierra, etc. Todos estos cambios han sido desencadenados por factores externos, es decir, dependientes del entorno socioeconómico general en que se desarrollaba la agricultura y ganadería en estas zonas (industrialización de las ciudades, demanda de mano de obra, aumento de infraestructuras de transporte, apertura y expansión de mercados, etc.) (Bernués, 2007). Además, durante los últimos veinte años el sector ganadero de montaña ha sufrido una fuerte reestructuración, de manera preponderante por el impacto de la PAC sobre estos sistemas (Olaizola y Manrique, 1992). En líneas generales, el vacuno de carne ha experimentado un crecimiento de la dimensión de los rebaños, aunque el número de ganaderos ha seguido disminuyendo. Recientemente, otros cambios observados más importantes en estos sistemas han sido (García-Martínez *et al.*, 2009):

- especialización hacia el vacuno de carne, abandono de sistemas lecheros y drástica reducción de los mixtos ovino-vacuno;
- extensificación en el uso de la tierra (mayor duración del periodo de pastoreo y utilización de más superficies de pastoreo), así como una marcada tendencia hacia sistemas de bajos insumos (sobre todo de alimentación);
- reducción de la mano de obra dedicada a la agricultura dentro de la explotación e incremento de actividades de las familias en otros sectores.

Al tratarse de áreas alto valor natural, se reconoce el carácter multifuncional de la ganadería en estas zonas, dado que, además de las funciones productivas y económicas, adquieren especial relevancia otras relacionadas con la conservación del paisaje y los recursos naturales, la producción de productos alimentarios diferenciados, seguros y de calidad, y el desarrollo rural (MacDonald *et al.*, 2000). Por ello cobra especial importancia el análisis de sostenibilidad de estos sistemas en el marco de los cambios productivos y socioeconómicos observados recientemente y de los servicios ambientales derivados de los agro-ecosistemas sobre los que se asientan.

### **Programa NODRIZA de simulación dinámica de vacuno de carne**

NODRIZA es un programa informático que permite evaluar la viabilidad técnica, productiva y económica de las explotaciones ganaderas de vacuno de carne bajo muy diversas estrategias de alimentación, de manejo reproductivo y del rebaño, y de uso de recursos naturales. Puede ser utilizado tanto en la gestión práctica de explotaciones a nivel de campo, como en investigación para explorar nuevas estrategias de gestión y analizar las consecuencias de su aplicación con el paso del tiempo, en diversas condiciones agroecológicas. El programa ofrece al usuario un entorno amigable de uso, incorpora las relaciones de alimentación-reproducción a medio-largo plazo en el rebaño y tiene en cuenta la variabilidad de los animales gracias a funciones matemáticas de carácter aleatorio.

En la Figura 4 se observa la interfaz inicial del programa. En primer lugar el usuario debe elegir entre rebaño de vacas nodrizas (venta de terneros al destete), rebaño de cebo, o rebaño de ciclo completo. Los menús se representan en secuencia lógica: i) en la primera parte se define el sistema de producción en sus diversas componentes, oferta, calidad e ingestión de recursos de pastoreo y alimentos; ii) en la segunda parte se procede a definir el manejo del rebaño y alimentación: lotes de animales, fechas de cubrición, tasas de reposición, etc. y el manejo de la alimentación en diversas épocas; y iii) menú donde se define la simulación. Por último, se encuentran las prestaciones para usuarios avanzados, (características de la raza, parámetros





Figura 4. Interfaz principal de programa NODRIZA

del modelo y parámetros estocásticos). Las salidas son en forma de tablas o gráficas definidas por el usuario y recogen aspectos de número de animales, peso vivo, índice de condición corporal, distribución de la paridera, etc., en momentos e intervalos de tiempo definidos por el usuario. El modelo realiza los cálculos diariamente.

### **Evaluación de estrategias de manejo de rebaños de vacuno de carne en montaña**

El objetivo de este trabajo fue comparar la evolución a largo plazo de rebaños de vacuno de carne manejados en zonas de montaña del norte de España bajo diversas estrategias en el manejo de la alimentación, la reproducción y de uso de recursos naturales. Asimismo, se analizaron los compromisos (*trade-offs*) existentes entre objetivos productivos, económicos, ambientales y del factor trabajo. El trabajo completo puede encontrarse en (Villalba *et al.*, 2010).

De especial interés resulta la consideración del resultado reproductivo del rebaño que está directamente determinado por la alimentación, que a su vez determina el peso y la condición corporal de los animales y que constituye, con diferencia, el mayor coste variable de estas explotaciones. Dicha interacción alimentación-reproducción se encuentra, además, modulada por la estación de parto, la raza y el tipo de lactancia de los terneros (Sanz *et al.*, 2004). Los efectos de la alimentación sobre los resultados reproductivos pueden tener lugar en varios ciclos, por lo que es necesario considerar periodos de tiempo adecuados en el análisis.

Hay pocos modelos bioeconómicos que representen funciones fisiológicas individuales de los animales junto con decisiones de manejo de rebaño (Agabriel y Ingrand, 2004). Además, para que los modelos sean utilizados en campo por técnicos y ganaderos es necesario que incorporen parámetros de manejo accesibles y comprensibles, como el estado de engrasamiento o condición corporal de los animales, y que atiendan los diversos objetivos, no solo productivos y económicos, de los ganaderos.

Se compararon cinco estrategias de manejo reproductivo en un rebaño hipotético de 100 vacas de carne en condiciones de montaña (Figura 5) y con dos tipos de explotaciones, las que venden los terneros destetados a otras explotaciones especializadas en cebo, y las de ciclo completo, que incorporan el cebo en la propia explotación.

- paridera de invierno (WC), cubriciones de tres meses en primavera y verano para una paridera en invierno y primavera. La mayor parte de la cubrición se realiza concentrada en pastos de fondo de valle, donde puede ser mejor controlada que en pastos de puerto. Los terneros se destetan al final de la estación veraniega en los pastos de altura a una edad media de 180 días.
- paridera de otoño (AC), sistema alternativo con un periodo de cubriciones de tres meses en invierno y partos en otoño, tras la estancia en puerto de las vacas. Tanto las cubriciones como los pastos ocurren en la explotación y son fácilmente controlados por el ganadero. El destete se realiza en primavera con una edad media de 160 días.
- paridera de ocho meses (8MC), constituye el sistema de manejo más generalizado en estos momentos en las áreas de montaña del Pirineo Central. La paridera es continua y solo se interrumpe durante cuatro meses cuando las vacas están en los pastos de puerto, debido a la imposibilidad de atender los partos. Los terneros se destetan cuando llegan a tener 180 días de vida de media.
- dos partos en tres años (2C3Y), es un sistema hipotético de manejo que pretende la extensificación máxima basada en la reducción de insumos de alimentación y trabajo, con la consiguiente reducción de los niveles de producción. Los terneros se destetan, dependiendo de los años, entre 160 y 180 días de vida.
- dos partos en tres años (2C3Y) con destete a 275 días (2C3Y9M), basado en el anterior, pero con destete mucho más tardío.

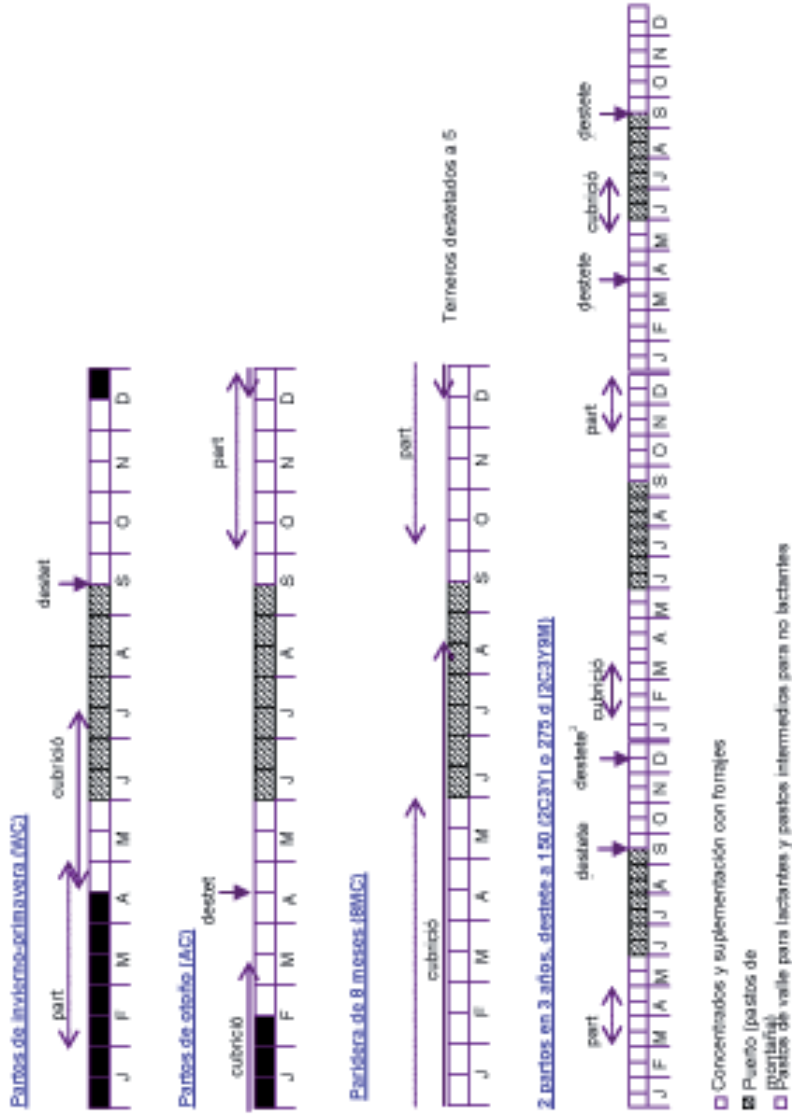


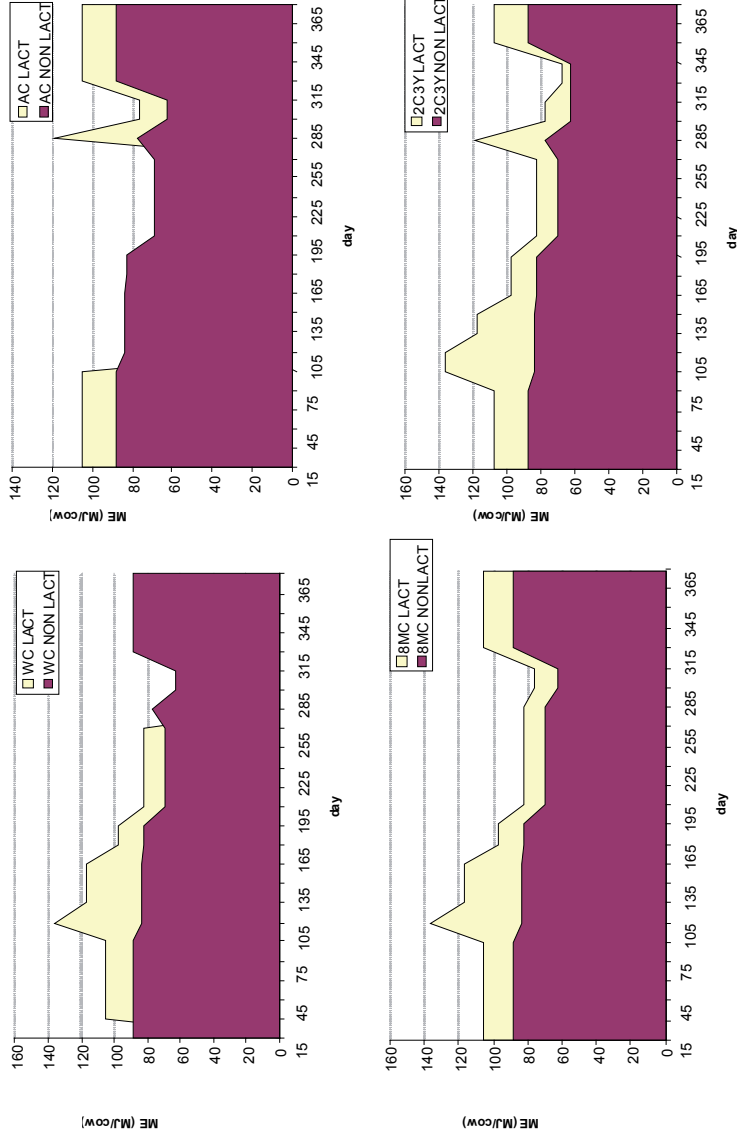
Figura 5. Manejo reproductivo y de alimentación de las estrategias simuladas

Se ha considerado que los recursos más limitantes en términos de superficie, los prados y cultivos forrajeros de fondo de valle para la invernada, son suficientes. Otros recursos como los pastos de montaña y de zonas intermedias, de uso comunal, no son limitantes en estas zonas en términos de superficie, pero sí pueden serlo en términos de calidad. La alimentación invernal se definió para satisfacer 100% de las necesidades de los animales definidas por el AFRC. La Figura 6 muestra la energía metabolizable por vaca, lactante y no lactante, disponible a lo largo del año para las estrategias simuladas.

En relación con los resultados nos centraremos en algunos indicadores técnicos, productivos, de utilización de recursos naturales, necesidades de mano de obra y económicos en dos tipos de explotaciones, de vacas nodrizas y de ciclo completo (Tabla 3). Al comparar estrategias de manejo, es fundamental considerar los diversos, y en ocasiones contradictorios, objetivos de los ganaderos y otros actores involucrados. Esto es especialmente importante en un contexto de ganadería multifuncional como el descrito aquí, donde en áreas de alto valor natural conviven objetivos de producción agraria, con objetivos de conservación y otros objetivos económicos, especialmente el turismo.

Si el objetivo es maximizar la producción animal, la estrategia AC seguida de la 8MC son las mejores, debido al mejor comportamiento reproductivo, lo que desemboca en ingresos mayores y más estables en el tiempo, especialmente en explotaciones de ciclo completo. Sin embargo, debido a las mayores necesidades de mano de obra y de alimentos comprados fuera de la explotación, tanto antes como después del destete, los costes también son los mayores. Los sistemas más extensivos de dos partos en tres años (2C3Y) resultaron en menores niveles de producción y menores costes (sistemas de bajos insumos).

En términos económicos, la estrategia 2C3Y9M produce los mejores márgenes en sistemas de vacas nodrizas productores de terneros destetados, debido al mayor peso al destete de los terneros, seguida de la estrategia WC. En sistemas de ciclo completo esta última produce los mejores



**Figura 6.** Ingestión diaria de energía metabolizable por vaca en animales lactantes (LACT) y no lactantes (NON LACT) a lo largo del año.  
 Nota: WC partos de invierno primavera, AC partos de otoño, 8MC paridera de ocho meses, 2C3Y dos partos en tres años con destete a 150 días y 2C3T9M dos partos en tres años con destete a 275 días.

resultados económicos. Por otro lado, 2C3Y es la peor estrategia en términos económicos para los dos tipos de sistemas de producción. Sin embargo, la reducción de las necesidades y la mejora de las condiciones de trabajo son muy importantes para los ganaderos, y las estrategias extensivas (2C3Y y 2C3Y9M) muestran ventajas sustanciales debidas a las menores necesidades de mano de obra para el pastoreo, la alimentación de los animales y la supervisión de la paridera. Es muy importante hacer notar que en estas áreas de montaña, donde el turismo es una actividad crecientemente importante, la mano de obra familiar tiene un coste de oportunidad muy alto, tal es así que la agricultura a tiempo parcial ha aumentado mucho recientemente (García-Martínez *et al.*, 2009).

Para concluir, las estrategias también difieren mucho en términos de uso de la tierra y, consecuentemente, en sus implicaciones ambientales. Globalmente, las estrategias AC y 8MC suponen la menor utilización de recursos naturales por mayor dependencia de insumos comprados en una estabulación invernal más larga. El resto de estrategias suponen una utilización de recursos naturales diferenciada en diversos niveles de intensidad. Por ejemplo, la estrategia 2C3Y9M supone que las vacas están lactantes en periodos de tiempo prolongados (destete a nueve meses) y requieren pastos de mayor calidad producidos en fondos de valle; por tanto, la utilización de pastos forestales intermedios es comparativamente menor. La estrategia WC y sobre todo la 2C3Y suponen una utilización mucho más prolongada de pastos forestales intermedios, los cuales son fundamentales para el mantenimiento de la biodiversidad y la prevención de incendios forestales. Algunas políticas agro-ambientales tienen medidas específicas para promover el uso de este tipo de superficies, sin embargo, la maximización del uso de este tipo de recursos puede suponer una merma de la producción y por tanto del resultado económico. La simulación realizada en este ejercicio permitiría estimar los pagos necesarios para compensar a los ganaderos que utilizan recursos y zonas marginales de pastoreo, dependiendo de las características específicas del manejo que realiza la explotación.

**Tabla 3.** Indicadores medios técnico-económicos, ambientales y de trabajo de las estrategias evaluadas

	WC	AC	8MC	2C3Y	2C3Y9M
<i>Producción</i>					
Terneros destetados <sup>1</sup>	76	86	90	59	60
Duración de la paridera (d)	90	90	240	40	40
Duración del periodo de cebo (d)	176	189	185	187	126
<i>Factor trabajo</i>					
Trabajo total (h)	458	519	670	379	420
Manejo del pastoreo (h)	183	102	126	147	180
Alimentación en pesebre (h)	173	312	290	182	190
Supervisión de partos (h)	102	104	255	50	50
<i>Duración de la suplementación invernal y utilización de pastos</i>					
Suplementación invernal (d)	122	165	165	122	122
Pastos de montaña (d)	106	106	106	106	106
Praderas y cultivos de valle (d)	42	16	38	20	65
Pastos intermedios (forestales) (d)	95	78	56	117	72
<i>Indicadores económicos</i>					
Ingresos por terneros destetados (€)	49,196	50,968	53,544	35,290	52,091
Coste de alimentación hasta el destete (€)	15,424	26,638	25,527	16,482	16,694
Coste de trabajo hasta el destete (€)	4,016	4,544	5,866	3,319	3,675
Margen económico <sup>2</sup> (vacas nodrizas) (€)					
Media	29,757	19,785	22,151	15,489	31,722
SD anual	2,487	1,638	714	23,020	35,861
Ingresos por terneros cebados (€)	74,131	85,378	86,526	57,938	57,621
Costes de cebo adicionales (incluyendo trabajo) (€)	26,039	32,897	33,420	22,223	15,175
Margen económico (ciclo completo) (€)					
Media	28,653	21,299	21,713	15,915	22,078
SD anual	2,377	1,503	678	23,297	28,642

1 por 100 vacas al año;

2 ingresos por venta de terneros menos costes variables definidos en Villalba *et al.* (2010). WC partos de invierno primavera, AC partos de otoño, 8MC paridera de ocho meses, 2C3Y dos partos en tres años con destete a 150 días y 2C3T9M dos partos en tres años con destete a 275 días.

## CONSIDERACIONES FINALES

Como hemos visto, el contexto en que las explotaciones operan es complejo y ha cambiado mucho en las últimas décadas; además, los cambios son cada vez más rápidos y muchas veces imprevisibles. En este contexto, la capacidad de adaptación a las nuevas restricciones y oportunidades del entorno es fundamental para entender la sostenibilidad de las actividades agrarias. Conceptos como el de resiliencia o capacidad adaptativa se convierten en propiedades esenciales de los sistemas (Matera *et al.*, 2000). Relacionados con éstos, aparecen otros conceptos como el flexibilidad (ej. organización



del trabajo, ajuste de composición de rebaño, de tipo de producto, etc.) y diversidad (ej. incremento de las actividades, tipos de productos, canales de comercialización, etc.) que incrementan la capacidad de respuesta frente a situaciones variables. Sin embargo, la capacidad de adaptación de los sistemas no depende solo de factores internos, sino también de factores externos como los servicios sociales (educación, sanidad, etc.), las relaciones dentro de la comunidad, el potencial agro-ecológico, las infraestructuras y equipos, el acceso a crédito, etcétera.

Otro atributo importante de sostenibilidad es la autosuficiencia o grado de autarquía de los sistemas, entendida como la capacidad de regular y controlar las interacciones con el medio ambiente que los rodea. Cuanto más autosuficiente (autónomo) sea un sistema, menos dependiente será de cualquier insumo externo, por escasez o por volatilidad de su precio. Esto es especialmente importante en un contexto de incremento sostenido de precios de la energía e insumos agrícolas.

Los enfoques metodológicos aquí expuestos pueden constituir herramientas adecuadas en la evaluación de la sostenibilidad, presente y futura, de los sistemas agro-silvo-pastoriles tanto en Europa como en América Latina, los cuales están inmersos en una situación de elevada incertidumbre.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo deriva de los siguientes proyectos financiados por INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria) – FEDER: INIA RTA03-029-C02; INIA TRT2006-00044-C02; INIA RTA2006-00170-C03; INIA PET-2007-06-C03. Se reconoce la financiación del Gobierno de Aragón, Grupo de Investigación de Excelencia A-11 y del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agabriel J., Ingrand S. (2004). "Modelling the performance of the beef cow to build a herd functioning simulator". *Animal Research* 53, 347-361.
- Bernués A. (2007). "Ganadería de montaña en un contexto global: evolución, condicionantes y oportunidades". *Pastos* 37, 133-175.
- Bernués A., Herrero M., Dent J.B. (1995). "El estudio de los sistemas ganaderos mediante simulación: una revisión de los modelos de ovino a nivel del animal individual, del rebaño y de la explotación". *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales* 10, 243-272.
- Casasús I., Sanz A., Villalba D., Ferrer R., Revilla R. (2002). "Factors affecting animal performance during the grazing season in a mountain cattle production system". *Journal of Animal Science* 80, 1638-1651.
- García-Martínez A., Olaizola A., Bernués A. (2009). "Trajectories of evolution and drivers of change in European mountain cattle farming systems". *Animal* 3, 152-165.
- MacDonald D., Crabtree J.R., Wiesinger G., Dax T., Stamou N., Fleury P., Lazpita J.G., Gibon A. (2000). "Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: environmental consequences and policy response". *Journal of Environmental Management* 59, 47-69.
- MARM (2009). Análisis y Prospectiva - Serie Indicadores 5. Subdirección General de Análisis, Prospectiva y Coordinación, Subsecretaría. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Masera O.R., Astier M., López-Ridaura S. (2000). Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de la evaluación MESMIS. Mundi-Prensa, México.
- Olaizola A., Manrique E. (1992). "Estrategia de adaptación de pequeñas explotaciones en el marco de la PAC. La agricultura a tiempo parcial en un área de montaña". *Revista de Estudios Agro-Sociales* 161, 99-122.
- Pérez J.P., Gil J.M., Sierra, I. (2007). "Technical efficiency of meat sheep production systems in Spain". *Small Ruminant Research* 69, 237-241.
- Sanz A., Bernués A., Villalba D., Casasús I., Revilla R. (2004). "Influence of management and nutrition on postpartum interval in Brown Swiss and Pirenaica cows". *Livestock Production Science* 86, 179-191.
- Thompson P.B., Nardone A. (1999). "Sustainable livestock production: methodological and ethical challenges". *Livestock Production Science* 61, 111-119.
- Villalba D., Ripoll G., Ruiz R., Bernués A. (2010). "Long-term stochastic simulation of mountain beef cattle herds under diverse management strategies". *Agricultural Systems* 103, 210-220.