

Evaluación de la sostenibilidad de dos modelos ganaderos de la llanura deprimida salina de Tucumán, Argentina

José A. Nasca*, Manuela Toranzos y Natalia R. Banegas

RESUMEN

Se evaluó la sostenibilidad de dos modelos físicos ganaderos de la llanura deprimida salina de Tucumán (área de probable expansión ganadera) en relación a indicadores ambientales, económicos y sociales. Se trabajó, durante 3 años, con dos modelos físicos pastoriles (*Chloris gayana* cv Finecut) de engorde de novillos con carga animal similar: T0 = pastoreo continuo (situación zonal preponderante) y T1 = pastoreo rotativo racional con suplementación estratégica. Dada la escala predial de la experiencia se seleccionaron prioritariamente indicadores ambientales. Se seleccionaron tres tipos de indicadores: 1) Ambientales: producción ganadera, cobertura de *Chloris*, malezas, mantillo, suelo desnudo, materia orgánica del suelo, estimación de CH₄, riesgo de utilización de energía fósil; 2) Económicos: margen bruto de la actividad y 3) Social: responsabilidad técnica. Se utilizó una metodología que se basa en la determinación del Índice de Sostenibilidad (IS). Se tomaron como valores umbrales locales aquellos con un 20% superior a la exigencia de mejora o información bibliográfica. Los IS se calcularon como la relación entre el valor del indicador y el valor del umbral. El sistema será sostenible si el promedio de los índices de los indicadores es igual o mayor que uno, siendo uno el límite de sostenibilidad. En T0 con un IS de 0,58, ocho de los indicadores seleccionados no alcanzaron el límite, siendo particularmente inferiores la emisión de metano y la cobertura de *Chloris*. En T1, con aplicación de tecnología de insumos y de proceso, todos

* Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán, Tucumán. Argentina. *Correo-E: jnasca73@hotmail.com

los indicadores superaron el límite de sostenibilidad, siendo el IS = 1,48. Este modelo sería una alternativa viable para el desarrollo ganadero sostenible de la llanura deprimida salina de Tucumán, logrando acondicionar novillos desde el desmadre hasta faena en 10 a 12 meses.

Palabras clave: sostenibilidad predial, indicadores ambientales, sistemas de producción.

Evaluation of the sustainability of two cattle models in the depressed saline plain of Tucumán, Argentina

SUMMARY

The sustainability of two physical cattle models of the depressed plain saline of Tucumán (area of probable cattle expansion) was evaluated in relation to environmental, economic, and social indicators. Work was done, during 3 years, with two physical models based in pasture (*Chloris gayana* cv Finecut) of young fattening steers with similar stocking rate: T0 = traditional continuous-grazing (preponderant zonal situation), and T1 = controlled grazing system with strategic supplementation. Given the farm scale of the experience, priority environmental indicators were selected: 1) Environmental: cattle production, Chloris cover, weeds, litter, bare ground, soil organic matter, CH₄ estimate, risk of use of fossil energy; 2) Economic: gross margin of the activity, and 3) Social: technical responsibility. The methodology was based on the determination of the sustainability index (SI). Local values were taken as thresholds, plus a 20% as demand of improvement or bibliographical information. The SI were calculated as the relation between the indicator value and the threshold value. The system will be sustainable if the average of the SI is equal or greater than one, being one the limit of sustainability. In T0 with a SI of 0.58, seven of the selected indicators did not reach the limit, being methane estimation and Chloris cover particularly lower. In T1, with application of input technology and process, all the indicators surpassed the sustainability limit, being SI of 1.55. This model would be a feasible alternative for a sustainable cattle development of the depressed plain saline of Tucumán, obtaining young steers from weaning to task in 10 to 12 months.

Keywords: farm sustainability, environmental indicators, production systems.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Tucumán, ubicada en el noroeste de Argentina, presenta una condición de relativa subtropicalidad. Las precipitaciones, concentradas en verano, oscilan entre 1.200 y 550 mm anuales de oeste a este, con inviernos fríos y secos. Dentro de la variedad de situaciones climáticas y edáficas se encuentra la llanura deprimida salina (LDS), al sudeste, con severas limitantes para la producción agrícola por precipitaciones, suelos de baja estabilidad estructural y por las variaciones estacionales de la napa freática que es de naturaleza salina. El avance de la agricultura en la provincia plantea a la LDS como el área de probable expansión ganadera y corresponde considerar que la sostenibilidad de este frágil ecosistema se pone en riesgo tanto con agricultura continua como con una ganadería irracional (Pérez, 2000; Zuccardi y Fadda, 1985).

En esta zona la producción ganadera ha seguido un modelo tradicional extensivo de baja tecnología y de características extractivas. Resultados experimentales de la región (De León *et al.*, 1995; Pérez *et al.*, 1995, 2000; Roncedo *et al.*, 1997; Holgado y Orellana, 2000) indican que el desarrollo ganadero puede asentarse sobre una base forrajera y que el modelo actual (Pérez, 2000) debiera ser reemplazado por un sistema basado en la incorporación de pasturas perennes y aplicación de tecnologías de procesos que permita sistemas eficientes, rentables y sostenibles. Esta tecnología de procesos está vinculada a una alta dedicación intelectual y son más ideas nuevas y prácticas inteligentes que cuestiones materiales (ej., rotaciones de cultivos, manejo de pasturas, selección de las mejores semillas para cada zona, controles de gestión de tiempos de trabajo, etc.)

Las definiciones de agricultura sostenible enfatizan el mantenimiento de la productividad y de la utilidad agrícola minimizando los impactos ambientales (Faeth, 1994), siendo una de las más conocidas la que establece que el desarrollo sostenible es aquel que permite la satisfacción de las generaciones presentes sin comprometer la posibilidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras (WCED, 1987).

Existe un consenso creciente acerca de que el logro de una agricultura sostenible exige un cambio en la forma en que se han abordado, hasta ahora, los sistemas agropecuarios ya que se ha privilegiado el estudio de los componentes por sobre el conocimiento de las interrelaciones entre ellos. A su vez, la falta de una visión sistémica ha generado dificultades para percibir las salidas no deseadas del mismo, que han originado graves problemas ambientales (Sarandón, 2002). Además, estos últimos ocurren a

distintos niveles de resolución geográfica, y sus impactos tienen una importancia acorde a la escala en que se manifiestan (global, continental, regional, nacional, ecosistémica, zonal, predial, potrero).

A nivel potrero, el concepto puede ser expresado en términos de mantenimiento de propiedades edáficas como la materia orgánica, el contenido de minerales o la estabilidad estructural del suelo. A nivel predio adquiere significación el sostenimiento de la actividad biológica y económica del sistema de producción a través del tiempo. En cambio, el concepto de sostenibilidad como paradigma socio-económico crece a medida que se asciende en la escala geográfica.

Gómez *et al.* (1996) señalan que, a nivel predio, un sistema de producción es considerado sostenible si éste conserva los recursos naturales y satisface las necesidades del productor, que lo maneja, no siendo sustituible uno por otro.

La metodología para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sostenibilidad (MESMIS) presenta una lista de los que comúnmente aparecerán en los análisis, según el área de evaluación: Indicadores económicos, Indicadores ambientales e Indicadores sociales (Astier y Masera, 1996). Estos indicadores describen un proceso específico pudiendo ser apropiados para una función determinada e inapropiada para otra. Por ejemplo, el tipo de indicador ambiental será diferente según la escala espacial del estudio.

Ortiz Ávila y Astier (2004), en referencia al MESMIS, establecen la necesidad de definir dentro de estas tres grandes categorías, indicadores estratégicos y que el sistema sea evaluado en función de siete atributos o propiedades: productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, equidad, autogestión y adaptabilidad.

La propuesta de alternativas viables para el desarrollo ganadero de la LDS de Tucumán está ligada estrechamente a la necesidad de ampliar la base de información disponible sobre el análisis de los sistemas a fin de contar con un espectro más completo de posibilidades para transferir y lograr cambios en las modalidades actuales de uso, tendientes a mejorar la rentabilidad y asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de la región.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar, mediante una metodología sistémica, la sostenibilidad de dos modelos físicos de

producción ganadera de la llanura deprimida salina de Tucumán en relación a indicadores ambientales, económicos y sociales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las actividades se desarrollaron, durante 3 años, en el Campo Experimental Regional Leales de INTA, localizado en el departamento Leales, provincia de Tucumán, a 52 km al sudeste de la ciudad de San Miguel de Tucumán (27°11' S y 65°17' O) y a una altitud de 335 msnm. La precipitación media anual es de 880 mm (1960-1999) concentrados de octubre a marzo. La temperatura media anual es de 19°C, siendo la media del más cálido 25°C y la del mes más frío 13°C. El clima es de tipo subtropical subhúmedo con estación seca, según clasificación Thornthwaite.

La región esta constituida por conos de deyección originados en los arrastres coluviales y aluviales de materiales detríticos provenientes de las zonas serranas (Zuccardi y Fadda, 1972). En correspondencia con el clima los suelos son de poco desarrollo, deficientes en materia orgánica y nitrógeno, de reacción neutra a alcalina, frecuentemente con tendencia a la salinización y susceptibles a la erosión. La baja capacidad de infiltración y el encostramiento son problemas comunes en los suelos cultivados de la región. Predominan los siguientes tipos de suelos: Hapludol fluvéntico acuico, Hapludol cumulico, Hapludol éntico – fases salino sódicas y sódicas. Haplustol cumulico, Haplustol fluvéntico, Haplustol éntico – fases salino y salino sódico (Zuccardi y Fadda, 1972).

Los modelos físicos de producción controlados que se describen en el Cuadro 1, tuvieron como objetivo el engorde de novillos a partir del desmadre (160 kg) hasta faena (390 - 400 kg).

Con el propósito de evaluar la sustentabilidad de los sistemas T0 y T1, se utilizó la metodología propuesta por Gómez y col. (1996). Esta metodología establece que es posible determinar el Índice de Sostenibilidad de los sistemas de producción relacionando el valor de determinados indicadores (ambientales, económicos y sociales), con valores umbrales que, de acuerdo al indicador, pueden ser tomados de trabajos experimentales o de valores locales.

Cuadro 1. Descripción de dos modelos físicos pastoriles de producción de carne bovina

Característica	Testigo (T0)	Tratamiento 1 (T1)
Tipo de pastoreo	Continuo	Rotativo racional
Pastura	<i>Chloris gayana</i> cv Finecut	<i>Chloris gayana</i> cv Finecut
Carga media anual	1,40 EV/ha†	1,77 EV/ha
Tiempo de ocupación de la pastura (días)	Permanente	Invierno: 39±13 Verano: 11±3
Tiempo de reposo de la pastura (días)	Nulo	Verano: 31±11
Suplementación invernal (junio – octubre)	---	Energético proteica
Suplementación estival (noviembre – mayo)	---	Energética

† Equivalente vaca (EV) representa un requerimiento diario de 18,545 Mcal de energía metabolizable/día (Cocimano *et al.*, 1975). Unidad utilizada en Argentina para comparar los requerimientos de distintas categorías de bovinos productores de carne.

Dada la escala geográfica considerada para el caso particular del presente ensayo (escala predial), se seleccionaron prioritariamente indicadores ambientales, sin que esto signifique desconocimiento de los aspectos sociales y económicos involucrados en cualquier sistema productivo.

Controles realizados sobre los modelos

1. Sobre la producción secundaria:
 - 1.1. Producción ganadera (PG) en kg de peso vivo/hectárea/año
2. Sobre la producción primaria
 - 2.1. Cantidad y calidad de la materia seca producida (MS).
 - 2.2. Evaluación de la cobertura vegetal
 - a) Evaluación del mantillo existente (g/m^2) (M)
 - b) Evaluación porcentual de la cobertura vegetal (*Chloris gayana* (CC), malezas (CM) y suelo desnudo (SD))

La condición inicial de los sitios se determinó en mayo de 2001, previa al pastoreo. La medición final se efectuó en junio de 2004. Se establecieron dos lugares de muestreo, en función del manejo del pastoreo propuesto. Para cada tratamiento se delimitaron dos macro parcelas de 10.000 m² cada una.

El mantillo existente se monitoreó en los meses de septiembre, enero y junio de los ciclos de pastoreo 2002-2003 y 2003-2004, muestreando 20 cuadrantes (0,25 m²) por hectárea, seleccionados al azar. El material se colectó y secó en estufa (>72 h y 65°C) y posteriormente se tamizó para eliminar el suelo recogido.

La cobertura (%) se registró en iguales momentos que para mantillo, mediante el uso de transectas y el área cubierta se determinó con un marco de 1 m², reticulado en décimas de metro (Toledo y Schultze-Kraft, 1982). Se relevaron los siguientes datos: superficie con la pastura original, con mantillo, con malezas y con suelo desnudo, expresados en porcentaje.

3. Sobre el manejo y bienestar animal.

En T1: control de tiempos de ocupación y de descanso de los potreros, estimación del consumo de pastura, control de calidad y cantidad de la suplementación.

En T0 y T1: control de agua de bebida, sombra, registros de peso mensual, control de parásitos internos y externos.

4. Estimación de la producción de metano por fermentación entérica (EM).

Se realizó siguiendo el método de nivel 2 (IPCC, 1996)

$$\text{Emisión metano (kg/Carb./año)} = \frac{\text{EB consumida (Mj/día)} \times \text{TCM} \times 365 \text{ días/año}}{55.65 \text{ MJ/kg de metano}}$$

donde:

EB: Energía bruta

TCM: Tasa de conversión de metano (energía consumida que es transformada en metano), extraídas de tablas diseñadas por el IPCC para novillos jóvenes en crecimiento y bajo condiciones de pastoreo.

Las emisiones de metano se expresan en kg de CH₄/kg de peso producido.

5 Riesgo de utilización de la energía fósil (R).

Se expresa en kg de peso vivo producido/Mcal energía fósil utilizada (Gingins y Viglizzo, 1981). Se midió la contribución energética individual de los siguientes insumos: mecánicos, repuestos para la reparación de equipos, combustible para transporte de insumos físicos y labores culturales, semillas, fertilizantes, plaguicidas y alimentos procesados ya que tienen un valor energético agregado por los combustibles fósiles requeridos para su fabricación o elaboración. Un conjunto de ecuaciones conforman la base de cálculo para estimar la contribución energética por ha y por año de los insumos contemplados

6 Control de la evolución del suelo.

Se utilizó como indicador el porcentaje de materia orgánica (MO).

7 Responsabilidad Técnica.

Se trabajó con una escala nominal (Cohën y Manion, 1990). Este tipo de escala identifica las categorías en que se pueden clasificar individuos, sujetos o hechos. Las categorías deben ser mutuamente exclusivas. Por tratarse de una variable discreta sólo podía tomar números o valores que sean puntos específicos de una escala (Cuadro 2)

Selección de indicadores

Los indicadores seleccionados se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Escala y categorías utilizadas para valorar la responsabilidad técnica.

Escala	Condición
0	Sin asesoramiento técnico
1	Asesorado por personas sin formación agroecológica
2	Asesoramiento esporádico por técnicos capacitados
3	Asesoramiento permanente por técnicos formados en agroecología

Cuadro 3. Indicadores ambientales, económicos y sociales seleccionados para la evaluación de dos modelos físicos pastoriles de producción de carne bovina.

Tipo de indicador	Denominación	Unidad de medida
Ambiental	Producción ganadera (PG)	kg PV/ha/año
	Riesgo de utilización de energía fósil (R)	kg PV producido por año/Mcal energía fósil utilizada
	Cobertura <i>Chloris gayana</i> (CG)	%
	Cobertura Malezas (CM)	%
	Suelo desnudo (SD)	%
	Mantillo (M)	gr/m ²
	Emisión de metano (EM)	kg de CH ₄ / kg PV/ año
	Materia orgánica (MO)	%
Económico	Margen bruto (MG)	\$/ha
Social	Responsabilidad técnica (RT)	Sin dimensión (0, 1, 2 ó 3)

Determinación de umbrales

El criterio fue comparar la sostenibilidad de los dos sistemas dada la situación zonal preponderante. Los umbrales se determinaron para cada caso en particular usando criterios diferenciales (Cuadro 4). Ante la existencia de valores locales de referencia se tomaron los promedios de la zona en estudio más el porcentaje adicional del 20% (Gómez *et al.*, 1996) que constituye la exigencia de mejora. En caso de carecer de información local se tomaron valores de referencias bibliográficas de agroecosistemas similares.

Cuadro 4. Determinación de umbrales para indicadores ambientales, económicos y sociales

Indicador	Umbral	Referencia
PG	190 kg PV/ha	Pérez (2000) Valor local
R	2,1 kg PV/Mcal energía fósil	Nasca y col. (2004) Valor local
CG	65%	Astier y Masera (1996)
CM	15%	Astier y Masera (1996)
SD	8%	FAO (2000)
M	250 gr/m ²	Lal (1975)
EM	0,350 kg CH ₄ /kg PV	Nasca y col. (2005) Valor local
MO	%	Astier y Masera (1996)
MG	180 \$/ha	Pérez (2004)†
RT	2	García Posse (2005)‡

† Pérez, P.G. Comunicación personal. ‡ García Posse, F. Comunicación personal

Los indicadores se expresan en las mismas unidades que el umbral y los índices de sostenibilidad respectivos se calculan como la relación entre el valor del indicador y el valor del umbral.

En el caso de CM, SD y EM, los valores fueron transformados (Sarandón S. 2003. Comunicación personal) por medio de escalas nominales (Cuadro 5), dado que los mismos presentan una relación inversa con la sustentabilidad (ésta última es menor a medida que los valores del indicador aumentan).

Cuadro 5. Transformación de los valores de cobertura de malezas, suelo desnudo y emisión de metano a una escala nominal

Escala	Condición		
	CM	SD	EM
	----- % -----		kg CH ₄ /kg PV/año
1	>40	>25	>0,500
2	39 – 20	24 – 10	0,499 – 0,250
3	19 – 10	9 – 5	<0,249
4	<9	<4	----

Sobre esta base un sistema agropecuario será sostenible si el promedio de los índices de los indicadores seleccionados es igual o mayor que uno, siendo el valor “1” el límite de sostenibilidad. Esta metodología permite comparar sistemas agropecuarios y monitorear cambios a través del tiempo, posibilitando asimismo confrontar diferentes escenarios mediante la alteración de umbrales o la adición de indicadores.

Análisis estadístico

Los registros relativos a la producción primaria y secundaria fueron sometidos a análisis de la variancia y comparación de medias con la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 6 y 7 se muestran los índices obtenidos para los distintos indicadores considerados.

Cuadro 6. Índice de sostenibilidad de cada uno de los indicadores seleccionados

	PG	R	CG	CM	SD	M	EM	MO	MB	RT
T0	1,16	0,75	0,34	0,67	0,67	0,46	0,50	1,33	0,56	0,50
T1	1,53	1,20	1,14	1,33	1,33	1,81	1,50	1,67	1,39	1,50

Cuadro 7. Índice de sostenibilidad de dos modelos físicos ganaderos considerando el valor promedio del índice ambiental, económico y social

	Índice				
	Ambiental	Económico	Social	Sostenibilidad	
T0	0,69	0,56	0,50	0,58	No sostenible
T1	1,75	1,39	1,50	1,48	Sostenible

En forma gráfica se presenta la posición que adoptan los modelos controlados (Figura 1) en relación a los límites de sostenibilidad establecidos para la región.

Estos resultados reflejan la condición de sostenibilidad de las dos situaciones ganaderas productivas bajo estudio. Se puede coincidir con Ruttan (1992) y Viglizzo (1994) en el sentido que tanto en las agriculturas intensivas de altos insumos como en las extensivas de bajos insumos, suelen plantearse situaciones severas de pérdida de sostenibilidad, como en el caso de T0, donde es posible detectar puntos críticos que debieran ser controlados. Los valores referidos a la emisión de metano son consistentes con lo expresado por Pavao-Zuckerman y col. (1999) con respecto a la importancia de los estudios que relacionen el manejo y la productividad de los sistemas pastoriles para poder comparar prácticas tradicionales (por ej. pastoreo continuo) con nuevas herramientas. En definitiva esto permitiría mejorar la eficiencia de la producción ganadera. La cobertura de la pastura tropical base aparece como otro aspecto a considerar teniendo en cuenta que si bien la productividad de éstas declina con el paso del tiempo, la tasa de decrecimiento es función, entre otros factores, del sistema de manejo empleado (Robbins y col., 1987).

Las diferencias que se observan en los modelos indican que el potencial de producción y la sostenibilidad del sistema no depende solamente de la implantación de pasturas y que además de la selección de materiales genéticos apropiados a las condiciones ecológicas (utilización de *Chloris gayana* cv Finecut de mayor tolerancia a condiciones de salinidad, en este caso) resultan necesarias acciones concomitantes como:

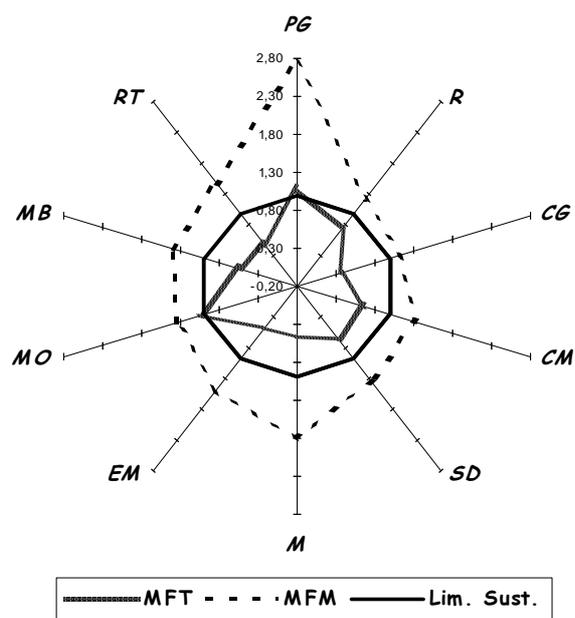


Figura 1. Posición relativa de los modelos controlados en función de los límites de sostenibilidad zonales.

1. Mejorar la infraestructura (potreros, aguadas) para lograr una mayor eficiencia de uso de las pasturas y confort animal.
2. Control del pastoreo para aprovechar la máxima calidad de los pastos y evitar efectos nocivos sobre la pastura, el suelo y el ambiente.
3. Asignación diferencial de recursos en función del tipo de producción y de los requerimientos de cada categoría animal.

En cuanto a las decisiones sobre el nivel tecnológico de insumos, resultan aplicables conceptos expuestos por Viglizzo (1989, 1999) en

referencia a la intensificación de los sistemas. Este autor plantea la creación de un nuevo ambiente, diseñado por el hombre y controlado en gran medida por él. Este ambiente tecnológico dependerá de la capacidad de respuesta del sistema y aquí juegan un papel fundamental los factores primarios de producción (precipitaciones, temperaturas, radiación solar, suelo). Lo expuesto implica que será necesario incorporar a los sistemas ganaderos, tanto tecnología de insumos como de proceso, lo que involucra a la Responsabilidad Técnica, a través de la que se podrá lograr el manejo adecuado de los recursos disponibles. Estas acciones resultan fundamentales para mejorar el índice de sostenibilidad del sistema a través de la mejora de los índices ambientales y económicos.

Si bien es cierto que muchas veces las decisiones se toman en función de la economía de corto plazo, los resultados indicarían que en la escala predial una mala gestión de los recursos naturales puede resentir la productividad del sistema en plazos más prolongados.

CONCLUSIONES

1. La metodología empleada permitió evaluar la sostenibilidad de dos modelos físicos de producción ganadera de la llanura deprimida salina de Tucumán en relación a indicadores ambientales, económicos y sociales.
2. En el modelo actual, que registró un IS No Sostenible, ocho de los indicadores seleccionados no alcanzaron el límite de sostenibilidad.
3. El modelo propuesto, que implica aplicación de tecnología de insumos y de proceso, supera para todos los indicadores el límite de sostenibilidad. Este modelo se presenta como una alternativa viable para el desarrollo ganadero de la LDS de Tucumán.

BIBLIOGRAFÍA

- Astier M y O. Masera 1996. Metodología para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS). Documento de trabajo N° 17. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada. México. DF.
- Cocimano M., A. Lange y E. Menvielle. 1975. Estudio sobre equivalencias ganaderas. *Producción Animal*, 4:161-190

- Cohën L. y L. Manion. 1990. Métodos de Investigación Educativa. La Muralla.
- De León M., R.A. Peuser, G.C. Boetto, G. Luna y M.C. Bulashevich. 1995. Efecto del genotipo y la frecuencia de defoliación sobre la producción de materia seca en gramíneas megatérmicas cultivadas. *Rev. Argentina Prod. Animal*. 15(Supl. 1): 226-228.
- Faeth P. 1994. Análisis económico de la sustentabilidad agrícola. *Agroecología y Desarrollo*, 7: 18-35.
- FAO. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. *Tierras y Aguas. Boletín 8*: 13-28
- Gingins M y E.F. Viglizzo. 1981. Eficiencia energética de producción de carne bovina en distintos sistemas de engorde. *Producción Animal*, 8: 401-414.
- Gomez A., D. Kelly, J. Syers y K. Coughlan. 1996. Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. *En* Doran J.W. y A.J. Jones (Eds) *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America. Madison, WI, USA. Special Pub. N° 49. pp. 401-409.
- Holgado F. y C.R. Orellana. 2000. Suplementación energético proteica durante el período estivo otoñal de novillos sobre *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. *Rev. Arg. Prod. Animal*, 20(Supl. 1): 76-77.
- Nasca J., M. Toranzos y H. Ricci. 2004. Eficiencia energética de los sistemas de producción de carne de la Llanura Deprimida Salina de Tucumán. *Actas XV Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas. VII Reunión de Extensión. Fac. Ciencias Agrarias, UNNE. Producción Animal, Trabajo N° 005. Corrientes, Argentina.*
- Nasca J.A., M. Toranzos, N.R. Banegas y H.R. Ricci. 2005. Estimación de la producción de metano en sistemas pastoriles de la llanura deprimida salina de Tucumán. *Rev. Arg. Prod. Animal*, 25(Supl. 1): 87-88.
- Lal R. 1975. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. *IITA Technical Bulletin 1*. Ibadan, Nigeria.

- Ortiz-Ávila T. y M. Astier. 2004. Sistematización de experiencias agroecológicas en Latinoamérica. *Leisa Rev Agroecología*, Edición especial: Ocho estudios de casos. Disponible en <http://www.leisa-al.org.pe/antiores/especial/04.html>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change). 1996. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Reference Manual. Volume 3. Chapter 4: Agriculture: 1-52. U K Meteorological Office, Bracknell, London. United Kingdom.
- Pavao-Zuckerman M.A., J.C. Waller, T. Ingle y H.A. Fribourg. 1999. Methane emissions of beef cattle grazing tall fescue pastures at three levels of endophyte infestation. *J. Environ. Qual.*, 28:1963-1969.
- Pérez P.G. 2000. Producción sostenible de carne bovina sobre pasturas tropicales en regiones semiáridas. Tesis de Magister en Agroecología y Desarrollo Rural Sostenible. Univ. Nac. Tucumán. Fac. Agronomía y Zoot. San Miguel de Tucumán. Argentina.
- Pérez P.G., C.S. Roncedo y H.R. Ricci. 1995. Efecto del año y de la frecuencia de corte sobre la producción y calidad de materia seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. *Rev. Arg. Prod. Animal*, 15(Supl. 1): 203-205.
- Pérez P.G., C.S. Roncedo, H.R. Ricci y M.R. Toranzos de Pérez. 2000. Precipitación primaveral y producción de materia seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. *Rev. Agro. Noroeste Arg.*, 30(1-4): 51-57.
- Robbins G.B., J.J. Bushell y K.L. Buttler. 1987. Decline in plant and animal production from ageing pastures of green panic (*Panicum maximum* var. *Trichoglume*). *J. Agri. Sci.*, 108: 407 - 417.
- Roncedo C.S., P.G. Pérez y H.R. Ricci. 1997. Efecto de la frecuencia de corte sobre la producción y calidad de la forrajera cultivada *Brachiaria brizantha* cv Marandú. *Rev. Agro. Noroeste Arg.*, 29(3-4): 131-144.
- Ruttan V. 1992. Challenges and opportunities for the national agricultural research system in the year 2000 and beyond. ISNAR Policy Dialogue, Berlin.

- Sarandón S.J. 2002. Agroecología El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas.
- Toledo J.M. y R. Schultze-Kraft. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. *En* Toledo J.M. (Ed). Manual para la Evaluación Agronómica. CIAT. Cali, Colombia. pp. 91-110.
- Viglizzo E.F. 1989. La interacción sistema-ambiente en condiciones extensivas de producción. *Rev. Arg. Prod. Animal*, 9(4): 279-294.
- Viglizzo E.F. 1994. The response of low-input agricultural systems to environmental variability - A theoretical approach. *Agric. Syst.*, 44(1) 1-17.
- Viglizzo E.F. 1999. Sustentabilidad ecológica y económica de la ganadería. *Rev. Arg. Prod. Animal*, 19(1): 1-13.
- Viglizzo E.F. y M. Gingsins. 1982. Eficiencia energética de distintos sistemas de producción. *Prod. Animal*, 9: 335-343.
- WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press. London.
- Zuccardi R. y G. Fadda. 1985. Bosquejo agroecológico de la provincia de Tucumán. *Fac. Agron. Zoot., Univ. Nac. Tucumán. Miscelánea*, 86:1-63.
- Zuccardi R.B. y G.S. Fadda. 1972. Mapa de reconocimiento de suelos de la Provincia de Tucumán. *Publicación Especial N° 3. Fac. Agron. Zoot. Univ. Nac. Tucumán. Argentina.*