

Evaluación de la transición agroecológica de un establecimiento ganadero a base de pastizal de la cuenca del Salado, mediante indicadores

Evaluation of the agroecological transition through indicators of a livestock establishment based on native grasslands of the Salado basin

Emiliano Pérez ¹, Alejandra Verónica Casal ², Elizabeth Juliana Jacobo ³

Originales: *Recepción:* 30/06/2018 - *Aceptación:* 03/10/2018

RESUMEN

Son muy escasas las experiencias documentadas de manejos agroecológicos en sistemas extensivos de zonas templadas, en particular las que contemplen la utilización de pastizales naturales. Por ello nos propusimos evaluar la factibilidad de la transición de un campo de producción convencional a un campo agroecológico a base de pastizal natural, seleccionando y validando indicadores para evaluar la trayectoria de esta transición. Los indicadores utilizados fueron fáciles de calcular y la mayoría mostró sensibilidad a los cambios realizados en el planteo productivo. Los resultados obtenidos al tercer año de la reconversión agroecológica indican que la mayoría de los indicadores de sustentabilidad de las dimensiones productiva (productividad del pastizal natural, cobertura de especies forrajeras, estado corporal del rodeo de cría), ambiental (cobertura del suelo, riqueza de especies, tasa de descomposición de heces) y de eficiencia económica (margen bruto ganadero) mejoraron sustancialmente en el proceso de reconversión, poniendo en evidencia que no siempre existe un compromiso entre el cuidado del capital natural y los beneficios económicos. El punto crítico para garantizar la sustentabilidad de estos agroecosistemas corresponde a la dimensión social (tenencia de la tierra, grado de arraigo del productor y sus vínculos sociales).

Palabras clave

agroecología • pampa húmeda • análisis multicriterio

Diseño, manejo y evaluación de agroecosistemas
con un enfoque agroecológico

-
- 1 Productor y asesor Círculo Argentino de Agroecología. Julián Lynch 1506. Maipú. Buenos Aires. * emiliano.perez.agroecologia@gmail.com
 - 2 INTA EEA Cuenca del Salado AER Maipú.
 - 3 Área de agroecología. Facultad de Agronomía UBA.

ABSTRACT

There are very few documented experiences of agroecological management in extensive systems of temperate zones, particularly those that utilize native grasslands. Therefore, we evaluate the feasibility of the transition from conventional to agroecological management of a farm operation based in the utilization of native grasslands, selecting and validating indicators to evaluate the trajectory of this transition. We used indicators easy to calculate, which showed sensitivity to the production changes. The results obtained in the third year of the agroecological reconversion showed that most of the indicators of the productive dimension (productivity of the natural grassland, forage species cover, state of the breeding herd), environmental dimension (land cover, species richness, decomposition rate of feces) and economic efficiency dimension (gross margin) substantially improved during the reconversion process. This result shows that there is not always a compromise between the preservation of natural capital and the economic benefits. The critical point to ensure the sustainability of these agroecosystems corresponds to the social dimension (land tenure, and the settling down and social relationships of the farmer).

Keywords

agroecology • wet pampa • multicriteria analysis

INTRODUCCIÓN

El proceso de expansión agrícola ocurrido en la Argentina en las últimas dos décadas generó un drástico cambio en el uso del suelo en las áreas de producción agropecuaria extensiva. En la pradera pampeana, donde la agricultura se incorporó a principio del siglo XX a través de rotaciones entre la agricultura y la ganadería, se reemplazó la superficie sembrada con pasturas por cultivos de cosecha. Este proceso desplazó al ganado hacia zonas de menor aptitud agrícola tal como la cuenca del río Salado, en la Provincia de Buenos Aires, que constituye actualmente la principal área de cría del país y aloja al 13 % del stock bovino nacional (31). En esta región, donde el 47% de las explotaciones poseen menos de 400 cabezas de ganado (11), se sitúan la mayoría de los productores familiares ganaderos de las regiones húmedas de Argentina (6). Debido a sus características ambientales, que limitan seriamente el uso agrícola, aún se conserva pastizal natural o semi-natural en la mayor parte de su superficie (4). Sin embargo, estos pastizales se encuentran en proceso de degradación, como resultado del pastoreo sin control desde la introducción del alambrado a comienzos de siglo XX (34) y los aumentos de carga animal ocurridos en las últimas dos décadas (43).

Para sostener los aumentos de carga animal resultado de la expansión agrícola, se incrementa el uso de insumos para la siembra y fertilización de cultivos forrajeros y la suplementación con alimentos no pastoriles (43). Sin embargo, en establecimientos ganaderos de la Cuenca del Salado, se ha demostrado la insustentabilidad del proceso de intensificación basado en el uso intensivo de insumos, debido a que reduce la superficie de pastizal, profundiza la degradación del pastizal remanente, afecta la provisión de servicios ecosistémicos como la eficiencia en el uso de la energía (20) y captación de carbono de los suelos y reduce la estabilidad del margen bruto de la ganadería (17). Este proceso afecta principalmente a los productores de menor escala, cuya permanencia dependerá de su posibilidad de adaptarse a situaciones adversas con prácticas que garanticen su supervivencia (5).

Como alternativa a la intensificación en base a insumos se ha demostrado que el manejo del pastizal mediante pastoreo controlado (13) permite incrementar en simultáneo la producción secundaria, la condición y el valor zootécnico del pastizal (8, 18) y las propiedades físicas y químicas de sus suelos (44). Esta metodología de manejo constituye una tecnología de procesos de desarrollo local que puede considerarse una práctica agroecológica. La implementación de esta práctica, asociada con la siembra de verdeos o pasturas en los suelos aptos para la agricultura, se consideran estrategias de manejo que contribuyen a la transición agroecológica del agroecosistema. Por lo tanto, es necesario evaluar el proceso de transición a partir de su implementación.

La evaluación de la sustentabilidad de un agroecosistema es un proceso complejo porque requiere considerar, simultáneamente, las dimensiones productiva, ecológica o ambiental, social, cultural y económica (36, 41). Un análisis multicriterio, que incluya estas dimensiones mediante el uso de indicadores, puede resultar un instrumento válido para traducir esta complejidad, ya que los indicadores son variables cuantificables que permiten transformar aspectos complejos en otros más claros y objetivos (22). En el proceso de reconversión de un sistema convencional a otro agroecológico, es de suma importancia la selección de indicadores que nos permitan evaluar la trayectoria de la transición e identificar los puntos críticos del proceso. Para este objetivo, la elección de los indicadores debe ser tal que permita calcularlos de manera sencilla, repetirlos en el tiempo y adaptarse a la particularidad de cada agroecosistema (21). La información publicada de carácter local es un insumo clave para la correcta elección de los indicadores.

Son muy escasas las experiencias documentadas de manejos agroecológicos en sistemas extensivos de zonas templadas, en particular las que contemplen la utilización de pastizales naturales. En estas regiones, donde el bioma dominante es el pastizal natural, en adecuadas condiciones de manejo este puede proveer simultáneamente productividad secundaria y servicios ecosistémicos (17).

Objetivos

1)- Evaluar la factibilidad de la transición de un campo ganadero de producción convencional a un campo agroecológico a base de pastizal natural. 2)- Seleccionar y validar indicadores para evaluar la trayectoria de esta transición. Por esta razón, el presente trabajo constituye un estudio de caso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El campo bajo estudio, de 119 ha de extensión, está ubicado en Ayacucho, uno de los partidos que componen la cuenca del río Salado. Esta región ocupa una superficie de aproximadamente 6,5 millones de hectáreas en el centro este de la provincia de Buenos Aires. Su clima es templado, con temperaturas promedio anuales entre 13 a 17°C y su régimen hídrico es subhúmedo-húmedo, con precipitaciones relativamente uniformes a lo largo del año, entre 800 y 1000 mm anuales (39). Se caracteriza por un relieve casi plano y una predominancia de suelos salinos y/o alcalinos con drenaje deficiente (42) lo que determina la ocurrencia de anegamientos frecuentes.

Estrategias de transición agroecológica

Hasta el comienzo de la reconversión el campo era manejado de manera convencional. Se realizaban cultivos de *Heliantus annuus* L. (girasol), *Glycine max* L. (soja) y/o *Triticum aestivum* L. (trigo) en los suelos con aptitud agrícola (29% de la superficie; suelos no halomórficos sin riesgo de anegamiento) y también en algunos suelos con limitaciones para esta actividad (14% de la superficie; suelos con halomorfismo subsuperficial y riesgo moderado de anegamiento). En los suelos con mayores limitantes (57% de la superficie; suelos halomórficos con riesgo alto de anegamiento) se realizaba ganadería extensiva bajo pastoreo continuo. La reconversión agroecológica, que comenzó en noviembre de 2014, consistió en la realización de cultivos forrajeros a través de prácticas agroecológicas en los suelos agrícolas y manejo del pastizal natural en los suelos con limitaciones.

El primer paso del proceso de transición fue cambiar la metodología de pastoreo continuo del pastizal natural por Pastoreo Controlado, una metodología de pastoreo que combina pulsos cortos de pastoreo con descansos de duración variable (13). Para ello se realizó un nuevo diseño de potreros con alambrado eléctrico con el objetivo de separar comunidades vegetales homogéneas, se concentró a los animales en pocos rodeos numerosos y se ordenó el rodeo de vacas estacionando el servicio en los tres meses de mayor producción de forraje (noviembre a enero). A partir de estos cambios se comenzó a pastorear cada comunidad de acuerdo con los requerimientos de las especies presentes en cada caso. Además, se realizó intersembra de *Lolium multiflorum* Lam (raigrás anual), especie naturalizada en el pastizal natural.

En los ambientes con aptitud agrícola se sembraron, con la finalidad de ser pastoreados, policultivos de verdeos de invierno (*Avena sativa* L. (avena) *Vicia sativa* L. (vicia)) y de verano (*Sorghum bicolor* (L.) Moench (sorgo) *Glycine max* L. (soja)). En estos ambientes se excluyó el uso de agrotóxicos y de fertilizantes de síntesis química y se minimizaron las labores culturales con el objetivo de incrementar la biocenosis del suelo (28).

La siembra de avena-vicia, en junio de 2015 (8 ha) y abril de 2016 (20 ha), se realizó al voleo con máquina de diseño y fabricación propios.

La densidad utilizada en 2014 fue 80 kg/ha de avena y 20 kg/ha de vicia. Se dejó semillar un sector de 3 ha del cual se obtuvieron las semillas para la siguiente campaña. Por lo tanto, la densidad de siembra de avena-vicia en 2016 fue en la proporción que ambas semillas tenían al momento de ser cosechadas. Ese año se sembró avena-vicia sobre el verdeo de verano, a medida que los animales salían de la franja de pastoreo. La siembra de sorgo-soja se realizó en diciembre de 2015 (30 ha) previa roturación del suelo (dos manos de rastra de disco, rastra de diente y rolo desterronador) con antecesor soja de producción convencional.

En el verano de 2016 no se sembró este verdeo debido a la sequía. Sin embargo, el sorgo sembrado en el 2015 se comportó como bianual ya que rebrotó y se lo pudo pastorear a fines de febrero de 2017.

El rebrote del sorgo se consoció de manera natural con gramíneas estivales nativas y espontáneas, y con *Trifolium repens* L. (trébol blanco), *Medicago lupulina* (trébol carretilla), lotus (*Lotus glaber* Mill.), *Conyza bonariensis* L. (rama negra) y otras especies en menor proporción.

En lo que respecta al manejo sanitario de los animales, la aplicación de antiparasitarios se realizó solo de manera estratégica. El rodeo fue desparasitado una vez con unción dorsal (pour on) para disminuir la carga de moscas de los cuernos en las vacas y toros, y otra vez con doramectina debido a la presencia de sarna. No se utilizaron ivermectinas para favorecer el aumento de organismos coprófagos (16).

Evaluación de la transición agroecológica

Para evaluar el proceso de transición agroecológica se seleccionaron indicadores que permitieran visualizar los cambios producidos durante el mismo, intentando visibilizar los procesos claves en la transformación del sistema (36, 37). El criterio de selección de indicadores privilegió la sencillez del cálculo para que estos puedan ser calculados y utilizados por los mismos productores (36).

Los indicadores seleccionados, que se agruparon en distintas dimensiones: sociales, productivos (separados en subdimensiones: el agroecosistema, el rodeo y el pastizal), ambientales y de eficiencia (tabla 1, pág. 299-301), se evaluaron al año (ejercicio 14/15) y a los tres años (ejercicio 16/17) del comienzo de la transición. Con el objetivo de comparar de manera conjunta los indicadores seleccionados, estos se estandarizaron según la propuesta de Sarandón y Flores (2014), que establecen una escala de 0 a 4 de acuerdo con un nivel de sustentabilidad creciente. Para establecer la escala de los indicadores elegidos se utilizaron datos bibliográficos o la experiencia cuando no se encontraron antecedentes.

La información para el cálculo de los indicadores se relevó a campo mediante procedimientos sencillos. Sobre el pastizal natural, se tomaron 10 puntos al azar, georreferenciados y representativos de los diferentes ambientes. En dichos puntos, en una superficie de 1 m² se midió el porcentaje de cobertura de especies nativas, especies forrajeras (nativas y exóticas), suelo desnudo, y se relevó la lista de especies presentes para evaluar la riqueza florística. Para estimar la productividad forrajera, se sumó durante un año la diferencia entre la biomasa antes y después de cada pastoreo mediante cortes en 3 potreros representativos, con marcos de 0,25 m² de superficie (5 por potrero).

La condición corporal del rodeo se estimó en una escala de 1 a 5 de todas las vacas en su último tercio de gestación. La productividad de carne se calculó como la cantidad de kilos de terneros y vacas de descarte vendidos por hectárea y año. Para estimar la tasa de descomposición de la bosta se midió sobre una transecta de 15 m la proporción de las heces descompuestas a los 10 días de finalizado el pastoreo, durante el período de mayor actividad biológica (primavera tardía, verano y otoño temprano).

El Margen Bruto se calculó como la diferencia entre los ingresos brutos y los costos directos de la actividad ganadera por hectárea. El consumo de combustible fósil se estimó a través de los litros de combustible consumidos por año de manera directa para la producción.

La eficiencia en el uso de combustible fósil se calculó mediante el cociente entre los litros de combustible y los kilos de carne producidos en un año.

Tabla 1. Indicadores utilizados para evaluar la transición desde un manejo convencional a uno agroecológico de un establecimiento ganadero ubicado en la cuenca del río Salado, Buenos Aires, Argentina. Se incluye su estandarización y las fuentes consultadas.

Table 1. Indicators used to evaluate the transition from conventional to agroecological management of a livestock establishment located in the Salado river basin, Buenos Aires, Argentina. Standardized indicators and consulted sources are included.

Dimensión	Indicador	Estandarización	Fuentes	
Indicadores productivos	Sobre el agroecosistema en general	Cantidad de prácticas agroecológicas según Altieri (1999)	0: ninguna práctica 1: 1 a 5 prácticas 2: 6 a 10 3: 11 a 15 4: > a 16	Elaboración propia
		Presencia de especies leguminosas Indica la potencialidad de fijación simbiótica de nitrógeno	0: 2 especies 1: 3 especies 2: 4 especies 3: 5 especies 4: > 6 especies	Consulta con expertos
	Sobre el rodeo	Productividad de carne (kg/ha/año) Indica la producción secundaria del agroecosistema	0: < 80 Kg/ha 1: 81 a 130 kg/ha 2: 131 a 180 kg/ha 3: 181 a 250 kg/ha 4: > 250 kg/ha	(25)
		Estado corporal del rodeo de cría Indica el estado de salud del rodeo y la potencialidad de producción secundaria	0: 75% del rodeo en estado corporal < a 2 1: el 75% del rodeo $\geq 2 \leq 3$ 2: el 75% $\geq 2,5 \leq 3,5$ 3: el 75% $\geq 3 \leq 4$ 4: el 75% ≥ 4	(23, 30)
	Sobre el pastizal	Productividad del pastizal (kg MS/ha/año) Indica la producción primaria del agroecosistema	0: < 3000 1: 3000 a 4000 2: 4000 a 5000 3: 5000 a 6000 4: > 6000	(9, 15)
		Cobertura de especies forrajeras del pastizal Indica el valor forrajero del pastizal	0: < 20% 1: 20 a 40% 2: 40 a 60% 3: 60 a 80% 4: > 80%	(26, 46)

Tabla 1 (cont.). Indicadores utilizados para evaluar la transición desde un manejo convencional a uno agroecológico de un establecimiento ganadero ubicado en la cuenca del río Salado, Buenos Aires, Argentina. Se incluye su estandarización y las fuentes consultadas.

Table 1 (cont.). Indicators used to evaluate the transition from conventional to agroecological management of a livestock establishment located in the Salado river basin, Buenos Aires, Argentina. Standardized indicators and consulted sources are included.

Dimensión	Indicador	Estandarización	Fuentes
Indicadores ambientales	Cobertura del suelo del pastizal Indica biocenosis del suelo y resistencia a invasiones	0: < 40% 1: 41 a 55% 2: 56 a 70% 3: 71 a 85% 4: >86%	(18, 45)
	Cobertura de especies nativas Indica la resiliencia del pastizal	0: < 50% 1: 50 a 60 % 2: 60 a 70% 3: 70 a 80% 4: > 80%	(26, 45)
	Riqueza florística del pastizal. Indica biodiversidad del pastizal	0: < a 20 especies 1: 20 a 30 especies 2: 30 a 40 especies 3: 40 a 50 especies 4: > a 50 especies	(1, 10, 27, 33, 35)
	Descomposición de las heces bovinas. Indica la biocenosis del suelo	0: < 25% 1: 25 a 40% 2: 41 a 55% 3: 56 a 70% 4: > a 70%	(24)
	Consumo de combustible fósil (litros/año) Indica el gasto de un recurso no renovable	0: > 2500 1: 2500 a 2000 2: 2000 a 1500 3: 1500 a 1000 4: < 1000	(14)

Tabla 1 (cont.). Indicadores utilizados para evaluar la transición desde un manejo convencional a uno agroecológico de un establecimiento ganadero ubicado en la cuenca del río Salado, Buenos Aires, Argentina. Se incluye su estandarización y las fuentes consultadas.

Table 1 (cont.). Indicators used to evaluate the transition from conventional to agroecological management of a livestock establishment located in the Salado river basin, Buenos Aires, Argentina. Standardized indicators and consulted sources are included.

Dimensión	Indicador	Estandarización	Fuentes
Indicadores de eficiencia	Margen Bruto ganadero. (U\$S/ha) Indica los beneficios económicos	0: < 85 1: 85 a 113 2: 113 a 142 3: 142 a 170 4: > 170	(25)
	Eficiencia en el uso de combustible fósil (litros/kg peso vivo) Indica la eficiencia en el uso de un recurso no renovable	0: > 0,35 1: 0,25 a 0,35 2: 0,15 a 0,25 3: 0,05 a 0,15 4: < 0,05	(20)
Indicadores Sociales	Tipo de tenencia de la tierra Indica la continuidad en el tiempo y la posibilidad de planificar a largo plazo	0: contrato por 1 año 1: contrato ≤ a 3 años 2: contrato 3 a 5 años 3: contrato 5 a 10 años 4: ser propietario	Elaboración propia
	Vive gente en el campo Indica el arraigo de los productores y empleados	0: nadie 1: 1 o más empleados 2: solo propietario 3: propietario y 1 empleado 4: propietario y más de 1 empleado	Elaboración propia
	Grado de vinculación con otros productores y medio rural Indica el grado de relación con productores e instituciones	0: sin vinculación 1: relación con vecinos 2: relación con productores de la zona 3: relación con productores y con instituciones públicas 4: pertenecer a un grupo de productores y relación con instituciones	Elaboración propia
	Toma de decisiones Indica la riqueza de las decisiones consensuadas	0: 1 persona 1: 1 persona las decisiones operativas y 1 las de gestión 2: más de 1 persona las decisiones operativas y 1 las de gestión 3: más de 1 persona las decisiones operativas y más de 1 las de gestión 4: conformación de un equipo de trabajo que toma en conjunto todas las decisiones	Elaboración propia

RESULTADOS

Los indicadores seleccionados resultaron útiles para evaluar la transición, ya que se han observado cambios en gran parte de estos entre los dos períodos evaluados (tabla 2).

En la figura 1 (pág. 303), se muestra el promedio de cada una de las dimensiones o subdimensiones en las cuales se agruparon los indicadores seleccionados.

El promedio de los indicadores productivos del agroecosistema (cantidad de prácticas agroecológicas y presencia de especies leguminosas) no varió entre los dos periodos analizados ya que las prácticas agroecológicas se establecieron al comienzo de la transición y no se incorporaron nuevas prácticas en el periodo evaluado. Por esta razón la cantidad de leguminosas sembradas o promocionadas en el pastizal también se mantuvo entre periodos.

Tabla 2. Resultado de los indicadores el primer (ejercicio 14/15) y el tercer año (ejercicio 16/17) desde el comienzo de la transición de un manejo convencional a uno agroecológico de un establecimiento ganadero ubicado en la cuenca del río Salado, Buenos Aires, Argentina.

Table 2. Indicators of the first (period 14/15) and the third year (period 16/17) of the transition from conventional to agroecological management of a livestock establishment located in the Salado river basin, Buenos Aires, Argentina.

Indicador	ejercicio14/15	IE	ejercicio 16/17	IE
Cantidad de prácticas agroecológicas	entre 10 y 15	3	entre 10 y 15	3
Presencia de especies leguminosas	cinco especies	3	cinco especies	3
Productividad de carne	91 kg/ha/año	1	182 kg/ha/año	3
Estado corporal del rodeo de cría	81% entre 2 y 3	2	89% entre 2,5 y 3,5	3
Productividad del pastizal	2600 kg MS/ha/año	0	4800 kg MS/ha/año	2
Cobertura de especies forrajeras del pastizal	54,5%	2	85,6%	4
Cobertura de suelo del pastizal	75%	3	93%	4
Cobertura de especies nativas del pastizal	50%	1	21%	0
Riqueza florística del pastizal	19	0	31	1
Descomposición de heces bovinas	50%	2	75%	4
Consumo de combustible fósil	800 l/año	4	1200 l/año	3
Margen bruto ganadero	27 U\$/ha	0	186 U\$/ha	4
Eficiencia en el uso de combustible fósil	0,07 litros/kg carne	3	0,06 litros/kg carne	3
Tipo de tenencia de la tierra	contrato a 3 años	1	contrato a 3 años	1
Vive gente en el campo	nadie	0	nadie	0
Grado de vinculación con otros productores y medio rural	buena relación con los vecinos	1	buena relación con los vecinos	1
Toma de decisiones	una persona	0	dos personas con decisiones operativas	2

Se indican los indicadores estandarizados (IE) según los criterios establecidos en la tabla 1 (pág. 299-301).
The standardized indicators (IE) are indicated according to the criteria established in table 1 (page 299-301).

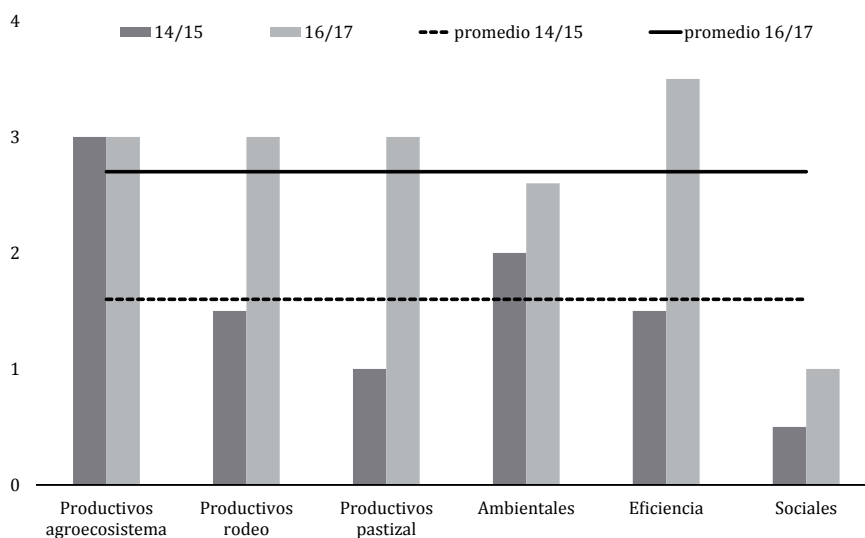


Figura 1. Promedio por dimensión o subdimensión y promedio general del valor estandarizado de los indicadores el primer (ejercicio 14/15) y el tercer año (ejercicio 16/17) desde el comienzo de la transición de un manejo convencional a uno agroecológico de un establecimiento ganadero ubicado en la cuenca del río Salado, Buenos Aires, Argentina.

Figure 1. Average by dimension or sub-dimension and general average of the standardized indicators of the first (period 14/15) and the third (period 16/17) year of the transition from conventional to agroecological management of a livestock establishment located in the Salado river basin, Buenos Aires, Argentina.

El promedio de los indicadores productivos del pastizal (productividad y cobertura de especies forrajeras) se incrementó muy significativamente a medida que avanzó la transición. Como resultado, el promedio de los indicadores productivos del rodeo (productividad de carne y estado corporal del rodeo) se duplicó en ese lapso.

El promedio de los indicadores ambientales (cobertura del suelo, riqueza y cobertura de especies nativas del pastizal, tasa de descomposición de las heces bovinas y consumo de energía fósil) también se incrementó a medida que avanzó la transición. Sin embargo, el único indicador que redujo su valor al final del período de transición fue la cobertura de especies nativas del pastizal.

Por su parte, el promedio de los indicadores de eficiencia (margen bruto ganadero y eficiencia en el uso del combustible fósil) alcanzó el valor más alto de las dimensiones analizadas a los tres años desde el comienzo de la transición.

Con respecto a los indicadores sociales, si bien el promedio de esta dimensión aumentó en el lapso analizado, el valor alcanzado al final del período evaluado fue muy bajo.

Como consecuencia del incremento de la mayoría de los indicadores analizados, el agroecosistema analizado ha mostrado una evolución a medida que avanzó la transición agroecológica, ya que aumentó un 67 %, desde 1,5 al año del comienzo de la transición a 2,5 a los tres años.

DISCUSIÓN

El análisis conjunto de los indicadores seleccionados para evaluar el proceso de reconversión agroecológica de un agroecosistema ganadero de cría de la cuenca del Salado puso en evidencia un aumento en la sustentabilidad del establecimiento a medida que avanzó la transición.

En la situación previa al proceso de reconversión, el establecimiento analizado realizaba cultivos de grano tanto en los suelos con aptitud agrícola, como en una porción de suelos poco aptos. Esta situación es el resultado del proceso de expansión agrícola ocurrido en las últimas décadas, que ha conducido a la siembra de cultivos o pasturas en ambientes con limitaciones que desaconsejan su reemplazo (19).

En el planteo de la reconversión agroecológica, la primera decisión tomada por el productor fue realizar cultivos forrajeros solo en los suelos aptos para la agricultura (29% de la superficie del campo), donde no existen riesgos de anegamiento y sus suelos no presentan halomorfismo. La otra decisión fue apotrerar el resto del campo separando comunidades homogéneas, con el objetivo de comenzar a realizar un manejo adaptativo del pastoreo, que consiste en la aplicación de pulsos de defoliación de intensidad y duración variables y descansos estratégicos (13).

El cambio de la metodología de pastoreo modificó rápidamente los indicadores de salud y productividad del pastizal natural. El porcentaje de suelo cubierto se incrementó por la contribución de especies de aptitud forrajera, en acuerdo con lo documentado por Jacobo *et al.* (2006) y Vecchio *et al.* (2018) en la misma región. La cobertura del suelo es un indicador muy importante de salud del suelo ya que influye directamente en su porosidad, drenaje, aireación, capacidad de intercambio catiónico, eficiencia en el uso del agua (12, 40) y termorregulación (28). La mejora en las condiciones físicas y químicas promueve la actividad de organismos del suelo que aportan sustancialmente a procesos clave como la fijación de nitrógeno y la solubilización de nutrientes (40). Las mejores condiciones físico-químicas y biológicas de los suelos, en asociación con la reducción en la aplicación de anti-parasitarios al ganado podrían explicar el aumento en la tasa de descomposición de las heces bovinas (3, 38) observadas a partir de la reconversión agroecológica. A su vez, la mayor tasa de descomposición de las heces podría incrementar el aporte de nutrientes a los suelos (28).

En lo que respecta a los indicadores asociados a la cantidad e identidad de las especies presentes, se observó que la metodología de pastoreo generó un aumento en la riqueza de especies y una disminución en la contribución relativa en cobertura aérea de las especies nativas del pastizal (cuya riqueza se mantuvo constante). La menor contribución de las especies nativas es el resultado de la promoción, mediante el control del pastoreo, de especies exóticas naturalizadas de buen valor forrajero como *Lotus glaber* Mill. (lotus), *Trifolium repens* L. (trébol blanco), *Medicago lupulina* L. (trébol de carretilla), *Melilotus albus* Medik. (melilotus) y *Lolium multiflorum* Lam. (raigrás anual). En el lapso considerado aún no se manifestaron cambios en la riqueza de especies nativas, cuyo incremento sería muy importante ya que la amplia difusión en la zona de prácticas como la pulverización con glifosato sobre las comunidades más productivas han reducido drásticamente su riqueza y provocado la extinción local de las forrajeras nativas más valiosas (33).

La productividad del pastizal al primer año de la implementación del pastoreo controlado fue muy baja como consecuencia de su pobre condición, resultado de una historia de pastoreo continuo. Este resultado coincide con estimaciones realizadas a nivel regional, donde se estableció que la productividad primaria neta de los pastizales de la región se está reduciendo (32), ya que el pastoreo controlado no es una práctica habitual (34). Sin embargo, a los tres años de implementado el manejo, la productividad primaria prácticamente se duplicó, poniendo en evidencia la resiliencia y la alta potencialidad productiva de los pastizales de la zona (15).

El aumento en oferta y calidad del forraje disponible logrado a través del cambio en la metodología de pastoreo permitió aumentar en simultáneo la carga animal y la condición corporal del rodeo de cría. En consecuencia, al tercer año de la transición se alcanzó una producción secundaria de 182 kg/ha/año, muy superior a los promedios zonales (alrededor de 100 kg/ha/año), aunque inferior a la producción de carne alcanzada en planteos más intensivos en el uso de insumos (hasta 300 kg/ha/año) (17). Sin embargo, como resultado del bajo costo operativo del establecimiento analizado (en gran parte asociado al bajo consumo y a la alta eficiencia en el uso del combustible fósil), el margen bruto alcanzado al tercer año de la transición agroecológica fue 186 U\$S/ha, muy superior a la media zonal y similar al obtenido en planteos más intensivos (17). Los costos operativos bajos por un lado otorgan a los agroecosistemas mayor eficiencia económica en términos de rentabilidad sobre el capital circulante y por el otro lado reducen sensiblemente el riesgo involucrado en la explotación y le dan mayor estabilidad al sistema (25). Que los sistemas ganaderos basados en pastizal natural de esta región presenten comportamiento mucho más estable frente a condiciones climáticas y económicas adversas que los sistemas basados en el uso más intensivo de insumos (29) es particularmente importante para los productores de

menor escala, ya que la estabilidad económica les confiere capacidad adaptativa ante los cambios relativos de precios insumo/producto característicos de nuestro país.

Claramente, los puntos críticos del proceso de reconversión agroecológica del caso analizado son los correspondientes a la dimensión social. Un dato muy relevante es que el establecimiento en estudio es arrendado. Si bien la ley de arrendamientos en Argentina permite que los contratos sean de 3 años como mínimo y el máximo (establecido por el código civil, no por la ley de arrendamiento) sea de 10 años (7), los usos y costumbres suelen establecer como máximo de arrendamiento el mínimo establecido por la ley. Este es el caso del establecimiento analizado, cuyo contrato de arrendamiento por tres años impidió asumir mayores niveles de inversión, tales como la mejora de la vivienda que permita vivir en el campo. El único indicador de esta dimensión que mejoró durante el proceso de transición fue la cantidad de personas encargadas de tomar decisiones ya que se agregó uno de los socios a la toma de decisiones operativas.

Con respecto a la selección de indicadores, la mayoría resultó pertinente para evaluar el proceso de transición del agroecosistema analizado. En este caso, la excepción fue el indicador *Cantidad de prácticas agroecológicas*, que no resultó un indicador sensible para comparar la sustentabilidad del agroecosistema en el lapso considerado (primer año vs. tercer año desde el comienzo de la transición) debido a que la mayoría de las prácticas se adoptaron durante el primer año del proceso de transición.

CONCLUSIÓN

El análisis conjunto de los indicadores seleccionados fue adecuado para evaluar la sustentabilidad de este agroecosistema. Este análisis mostró que la producción agroecológica basada en el manejo adaptativo del pastizal natural mejora sustancialmente los indicadores ambientales, productivos y económicos del agroecosistema con respecto al modelo de producción convencional. También identifica a la dimensión social como un punto muy crítico del sistema, que debería considerarse en futuros estudios de sustentabilidad en la región. Para concluir que los indicadores seleccionados son adecuados para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas de la región sería necesario validarlos con la incorporación de otros casos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Altessor, A.; Oesterheld, M.; Leoni, E.; Lezama, F.; Rodríguez, C. 2005. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. *Plant Ecology*. 179: 83-91.
2. Altieri, M. A. 1999. Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Nordan Comunidad.
3. Aparicio Medina, J. M.; Paredes Venegas, V.; González López, O.; Navarro Reyes, O. 2011. Impacto de la ivermectina sobre el ambiente. *La Calera*. 11(17): 64-66.
4. Baldi, G.; Guerschman, J. P.; Paruelo J. 2006. Characterizing fragmentation in temperate South America grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 116: 197-208.
5. Bilello, G. 2005. Capítulo 6: Estrategias productivas y posibilidad de permanencia. La evolución de los pequeños productores de Azul en el marco de la globalización. En: Gonzales, M. Astralib Cooperativa (Ed.) *Productores familiares pampeanos: Hacia la comprensión de sus similitudes y diferenciaciones zonales*. Buenos Aires. 145-157.
6. Bilello, G.; Perez, R.; Giordano, G.; Huinca, D. 2011. Productores ganaderos familiares y modernización. *Actas VII Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*. Buenos Aires. Argentina.
7. Bustamante, E. L. 2014. Los contratos regulados en la Ley de Arrendamientos Rurales y Aparcerías. Necesidad de una reforma para adaptar las figuras contractuales a la realidad de la producción agropecuaria argentina. *Revista Jurídica de la Patagonia* N° 3. Disponible en: <http://www.ijeditores.com.ar/pop.php?option=articulo&Hash=4f37a69e74070201102527dad5aefd0c> (fecha de consulta 15/10/17)
8. Casal, A. V. 2014. Pastizales naturales para la nutrición de los rodeos durante el estacionamiento del servicio. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_pastizales_naturales_-_estacionamiento_del_ser.pdf (fecha de consulta 15/12/17).

9. Casal, A.; Coria, J. D.; Pettinari, J. 2014. El pastizal natural. Mejoras en la producción de pasto. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/198-Produccion_pastizales.pdf (fecha de consulta 15/12/17).
10. Chaneton, E.; Perelman, S.; Omacini, M.; León, R. J. C. 2002. Grazing environmental heterogeneity, and alien plant invasions in temperate grasslands. *Biological Invasions*. 4: 7-24.
11. CNA. 2002. Censo Nacional Agropecuario. Disponible en: https://www.indec.gob.ar>cna_index (fecha de consulta 10/03/16).
12. Delgado, J. A.; Groffman, P. M.; Nearing, M. A.; Goddard, T.; Reicosky, D.; Lal, R.; Kitchen, N. R.; Rice, C. W.; Towery, D.; Salon, P. 2011. Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil and Water Conservation*. 66: 118-129.
13. Deregibus, V. A.; Jacobo, E.; Rodríguez, A. 1995. Improvement in rangeland condition of the Flooding Pampa of Argentina through controlled grazing. *Afr. J. Range For. Sci.* 12(2): 92-96.
14. Donato, L. B. 2013. Estimación del consumo potencial de gasoil para las tareas agrícolas, transporte y secado de granos en el sector agropecuario. Disponible en: [https:// inta.gob.ar/documentos/estimacion-del-consumo-potencial-de-gasoil-para-las-tareas-agricolas-transporte-y-secado-de-granos-en-el-sector-agropecuario-0](https://inta.gob.ar/documentos/estimacion-del-consumo-potencial-de-gasoil-para-las-tareas-agricolas-transporte-y-secado-de-granos-en-el-sector-agropecuario-0) (fecha de consulta 15/06/17).
15. Hidalgo, L. G.; Cahuepé, M. 1991. Producción de forraje de las comunidades de la Depresión del Salado. *Revista de AACREA*. 149: 58-62.
16. Iglesias, L. E.; Saumell, C. A.; Fusé, L. A.; Lifschitz, A. L.; Rodríguez, E. M.; Steffan, P. E.; Fiel, C. A. 2005. Impacto ambiental de la ivermectina eliminada por bovinos tratados en otoño, sobre la coprofauna y la degradación de la materia fecal en pasturas (Tandil, Argentina). *RIA Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 34(3): 83-103.
17. Jacobo, E. 2017. (In) sustentabilidad de establecimientos ganaderos de la cuenca baja del río Salado. Argentina. El pastizal natural como proveedor de servicios ecosistémicos. Tesis de Doctorado en Agroecología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. p. 157.
18. Jacobo, E. J.; Rodríguez, A. M.; Bartoloni, N.; Deregibus, V. A. 2006. Rotational grazing effects on rangeland vegetation at a faro scale. *Rangeland Ecology and Management*. 59: 249-257.
19. Jacobo, E.; Rodríguez, A. 2009. Valorización de pastizales naturales en ambientes húmedos. Indicadores de sustentabilidad. V Congreso de la Asociación Argentina para el Manejo de los Pastizales Naturales. Sitio Argentino de Producción Animal.
20. Jacobo, E.; Rodríguez, A.; González, J.; Golluscio, R. 2016. Efectos de la intensificación ganadera sobre la eficiencia en el uso de la energía fósil y la conservación del pastizal en la cuenca baja del río Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Agriscientia*. 33(1): 1-14.
21. Lok, S. 2010. Indicadores de sostenibilidad para el estudio de pastizales. *Revista cubana de Ciencia Agrícola*. 44 (4): 333-344.
22. López-Ridaaura, S.; Maserá, O.; Astier, M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socioenvironmental systems. The MESMIS framework. *Ecol. Indicators*. 2: 135-148.
23. Maresca, S.; Quiroz García, J. L.; Melani, G.; Burges, J.; Brusca, G.; Plorutti, F. 2008. El estado corporal y su efecto en la eficiencia reproductiva en rodeos de cría de la Cuenca del Salado. *Publicación Técnica INTA N° 3*.
24. Mariategui, P.; Speicys, C.; Urretabizkaya, N.; Fernández, E. 2001. Efecto de *Ontherus sulcator* F. (Coleoptera: Scarabiceidae) en la incorporación de estiércol al suelo. *Zootecnia Trop.* 19(2): 131-138.
25. Martínez Ortiz, U.; Jacobo, E.; Cañada, P.; Sobredo M. 2018. Desempeño económico de sistemas ganaderos en la Depresión del Salado. En: *Modelización económica en el sector agropecuario*. Carmen Vicién - Gerardo Petri - María Marta Di Paola (Eds.). p. 70-102.
26. Parera, A.; Carriquiry, E. 2014. Parera, Paullier y Weyland (Eds) *Manual de Prácticas Rurales asociadas al Índice de Conservación de Pastizales Naturales (ICP)*. Publicación realizada por Aves Uruguay para el Proyecto de Incentivos a la Conservación de Pastizales Naturales del Cono Sur. 204 p.
27. Perelman, S. B.; León, R. J. C.; Oesterheld, M. 2001. Cross-Scale vegetation patterns of Flooding Pampa grasslands. *J. Ecology*. 89: 562-577.
28. Pinheiro Machado, L. 2006. *Pastoreo Racional Voisin: Tecnología agroecológica para el tercer milenio*. Ed. Hemisferio Sur. 253 p.
29. Ponssa, E.; Rodríguez, G.; Sánchez Abrego, D. 2012. Incorporación de capital económico e intelectual en sistemas de cría vacuna: evaluación de modelos. XLIII reunión anual de la AAEA. Corrientes.
30. Quiroz, J. L.; Rodríguez, A.; Maresca, S.; con colaboración de Preliasco, P.; coordinado por Miñarro, F. O. 2012. Evaluación de estado corporal: una herramienta clave a tener en cuenta en la producción y en el uso sustentable de los pastizales naturales: buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal: kit de extensión para las pampas y campos. *Fund. Vida Silvestre Argentina; Aves Argentinas Aop*. Buenos Aires.
31. Rearte, D. 2010. Situación actual y prospectiva de la situación de carne vacuna. INTA. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-situacionactual_prospectiva_produccion_carnevacuna.pdf (fecha de consulta 10/03/16).

32. Recavarren, P. M.; Martinefsky, M. J. 2009. Alerta amarillo: la degradación de los recursos forrajeros. *Visión rural*. a. 16(77): 29-31.
33. Rodríguez, A.; Jacobo, E. 2010. Glyphosate application changes plant functional groups proportion and reduces floristic richness and diversity in Flooding Pampa rangeland (Argentina). *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 138: 222-231.
34. Rodríguez, A. M.; Jacobo, E.; coordinado por Miñarro, F.; Preliasco, P.; Roitman, G. 2012. Pastoreo controlado: una herramienta para el manejo sustentable de los pastizales naturales en sistemas ganaderos extensivos: buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal: kit de extensión para las pampas y campos. *Fund. Vida Silvestre Argentina; Aves Argentinas Aop*. Buenos Aires.
35. Rusch, G.; Oesterheld, M. 1997. Relationship between productivity and species and functional group diversity in grazed and non-grazed Pampas grassland. *Oikos*. 78: 519-526.
36. Sarandón, S. J.; Flores, C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología*. 4: 19-28.
37. Sarandón, S. J.; Flores, C. C. 2014. Análisis y evaluación de agroecosistemas: Construcción y aplicación de indicadores. En: Edulp. (ed.) *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. 375-410.
38. Sommer, C.; Bibby, B. M. 2002. The influence of veterinary medicines on the decomposition of dung organic matter in soil. *European Journal of Soil Biology*. 38: 155-159.
39. Soriano, A. 1992. Río de la Plata grasslands. *Natural grasslands*. p. 367-407.
40. Teague, W. R.; Dowhower, S. L.; Baker, S. A.; Haile, N.; DeLaune, N.; Conover, D. M. 2011. Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 141: 310-322.
41. Tonolli, A. J. (en prensa). Propuesta metodológica para la obtención de indicadores de sustentabilidad de agroecosistemas desde un enfoque multidimensional y sistémico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
42. Tricart, J. L. F. 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. XII Colección científica. INTA.
43. Vazquez, P.; Rojas, M.; Burges, J. 2008. Caracterización y tendencias de la ganadería bovina en la Cuenca del Salado. *Revista Veterinaria Argentina*. 248: 572-584.
44. Vecchio, M. C.; Golluscio, R.; Rodríguez, A.; Taboada, M. 2018. Improvement of Saline-Sodic Grassland Soils Properties by Rotational Grazing in Argentina. *Rangeland Ecology & Management*. DOI:10.1016/j.rama.2018.04.01
45. Viglizzo, E. 2012. ICP: Hacia un indicador de la Contribución a la Conservación de Pastizales Naturales en Establecimientos Rurales. En *Primer Informe Semestral-Proyecto Incentivos Pastizales Naturales Cono Sur*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los dos revisores anónimos, cuyas sugerencias mejoraron la calidad del trabajo.