

INTENSIFICACIÓN AGROPECUARIA EVALUADA POR INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL

AGRICULTURAL INTENSIFICATION EVALUATED BY ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY INDICATORS

Gil, S.B.*¹, M.A. Herrero¹, M.C. Flores¹, M.L. Pachoud² y M.M. Hellmers²

¹Departamento de Producción Animal. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín 280 (1427). Ciudad de Buenos Aires. Argentina. *correspondencia: sgil@fvet.uba.ar

²Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales. Universidad Nacional de San Luis. 25 de Mayo 384. Villa Mercedes. San Luis. Argentina.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Eficiencia energética. Carbono. Optimización. Capacitación. Gestión ambiental.

ADDITIONAL KEYWORDS

Energy efficiency. Carbon. Optimization. Training. Environmental management.

RESUMEN

Se compararon 19 establecimientos agropecuarios, (superficie total 3654 hectáreas), mediante indicadores de sustentabilidad agro-ambiental, para evaluar cómo el proceso de adopción de tecnologías de producción influye en un agroecosistema con incipiente intensificación en el uso de la tierra, en la zona semiárida central de Argentina. Se identificaron prioridades de capacitación y extensión para productores según escala de producción. Originariamente el área correspondía a pastizales y bosques de caldén (*Prosopis caldenia*) con ganadería vacuna. Se aplicaron como variables: uso de la tierra por cultivos anuales (CA), y como indicadores: consumo de energía fósil (EF) y eficiencia de su utilización (EEF), balances de nitrógeno (BN) y fósforo (BP), riesgo de contaminación por plaguicidas (RPL), riesgo de erosión (RE), cambio de stock carbono en suelo (CSC) y balance de gases efecto invernadero (GEI), evaluándolos según escala de gravedad. Los predios fueron analizados individualmente y agrupados según tamaño (< 80 ha y >81 ha). Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$), entre los grupos de predios chicos y grandes para los indicadores EF, BN, RPL, RE y GEI. Individualmente destacan altos valores de EEF en predios chicos (>2 Mj EF utilizado/Mj EF producto) y valores negativos de BP en el 68% de los predios (hasta -14,4 kg P/ha/año), relacionándolo a la incorporación de soja sin restitución por fertilizan-

tes. Los BN no señalan riesgo de contaminación (entre -4,7 a 41,7 kg N/ha/año). El CSC presentó valores problemáticos en campos chicos, por la utilización de labranzas convencionales para cultivos forrajeros. El GEI reflejó las mayores emisiones de metano en los predios grandes, debido al sistema pastoril de alimentación. Las actividades de capacitación deberían orientarse según escala. La utilización de indicadores permitió conocer el impacto de prácticas agropecuarias a nivel de predio y de zona, según escala de producción, mostrando que la actual intensificación del sector no ha impactado aún gravemente al medio.

SUMMARY

The aim of the study was to evaluate how technology adoption processes influence agroecosystems with incipient land use intensification, in a rural semiarid area of San Luis province, Argentina, using environmental sustainability indicators at farm and regional level. For this purpose a comparison of 19 farms (3654 ha) was carried out. Training and extension priorities for producers were identified during this study. The original vegetation corresponded to grassland and *Prosopis caldenia* forests with beef cattle production. The environmental sustainability indicators were: Land use -% of annual crops (CA)- (a variable); Fossil energy use(EF); fossil

Recibido: 18-4-07. Aceptado: 17-5-08.

Arch. Zootec. 58 (223): 413-423. 2009.

energy use efficiency (EEF); nitrogen balance (BN); phosphorus balance (BP); pesticide contamination risk (RPL); soil erosion risk (RE); changes in soil carbon stock (CSC) and greenhouse gases balance (GEI), evaluated according to severity scale. Farms were analyzed individually and grouped by size (<80 ha and >81 ha). Statistically significant differences ($p < 0.05$) were observed between small and big farms for indicators EF, BN, RPL, RE and GEI. High values of EEF are important in small farms (>2 Mj EF used/Mj EF product), and negative values of BP in the 68% of the farms (up to -14.4 kgP/ha/year). Both can be related to soybean introduction without extensive fertilizers use. Nitrogen balance do not indicate contamination risk (between -4.7 and 41.7 kg N/ha/year). Conventional tillage in forages is the cause of high CSC values in small farms. The methane emissions in big farms, were reflected by the higher values of GEI indicator because of their grazing systems. Training activities should be farm scale oriented. The use of these indicators has made it possible to understand the impact of agricultural practices at farm and at regional level in relation to production scale. These indicators show that today's Villa Mercedes farm area intensification has not had a serious impact on their environment yet.

INTRODUCCIÓN

La actividad agropecuaria inflige impactos al ambiente como extracción de nutrientes, erosión hídrica y eólica y disminución de la biodiversidad del ecosistema. Cuando los sistemas productivos se intensifican, incrementan el uso de energía externa ya sea por combustibles o agroquímicos, que además resultan contaminantes de cuerpos de agua, según Viglizzo *et al.* (2002). Los sistemas con alta densidad animal producen problemas sanitarios además de ambientales, como mencionan la EPA (2000) y Herrero *et al.* (2000). El manejo de los residuos orgánicos (excretas) es determinante para reducir la transferencia y pérdida de nutrientes y disminuir los problemas de contaminación del agua y suelos, emisiones, olores e insectos, tal como mencionan Atkinson y Watson (1996); Dou *et al.* (1996); Díaz Zorita y Barraco (2002).

La vulnerabilidad del medio ambiente y la irreversibilidad de muchos procesos son hechos que obligan a evaluar tempranamente el impacto real que pueden ocasionar los sistemas de producción agropecuarios. Cobra fundamental importancia el concepto de aprovechamiento racional, uso sustentable y vulnerabilidad, debido a que el uso y manejo que se haga del ecosistema, limitará su aprovechamiento futuro. Un ejemplo son los trabajos de Herrero *et al.* (2000 y 2006) y Sweeten *et al.* (1995), que ponen de manifiesto la contaminación de las aguas por los aportes de nitrógeno procedentes de los efluentes derivados de las actividades ganaderas y que condicionan hoy el uso de estas fuentes de agua.

Varios de los impactos en el ecosistema pueden ser monitoreados y medidos a través de indicadores agroecológicos. Se prefieren aquellos basados en los efectos ambientales producidos por las prácticas agropecuarias y que arrojen un valor con unidades de medida (mg/l, kg/ha, etc.) como los indicadores agroecológicos o agroambientales de Girardin *et al.* (2000), que evalúan los efectos de las distintas prácticas agropecuarias sobre los diferentes componentes del agroecosistema. En los últimos años, el INTA-Bolsa de Cereales (2005) y Viglizzo *et al.* (2006) han trabajado con esta metodología y desarrollado un grupo de indicadores de sustentabilidad agroambiental para producciones agropecuarias extensivas o semiintensivas que consta de 12 indicadores relacionados con el suelo, agua, aire, biodiversidad y funciones ecológicas críticas (flujo de la energía, ciclos minerales, procesos hidrológicos, etc.).

Los objetivos del trabajo fueron: a) Evaluar a través de indicadores de sustentabilidad ambiental, cómo el proceso de adopción de tecnologías de producción agropecuarias influye en el agro-ecosistema de un área semiárida con incipiente intensificación en el uso de la tierra, en la provincia de San Luis (Argentina). b) Identificar prioridades de capacitación y extensión para pro-

INTENSIFICACION AGROPECUARIA E INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

ductores de diferente escala de producción, respecto de prácticas agropecuarias que tengan un mayor efecto negativo sobre el ambiente.

MATERIAL Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Fue seleccionado un sector de 4035 hectáreas y 32,6 km de perímetro en la zona rural suburbana de la ciudad de Villa Mercedes, (Cuenca del Río Quinto, Departamento de General Pedertera) San Luis, Argentina (**figura 1**). Originariamente el área correspondía a ganadería de cría bovina sobre pastizales y bosques de caldén (*Prosopis caldenia*), sin utilización de plaguicidas ni fertilizantes, según Cabrera (1953), visualizándose una incipiente intensificación en el

uso agropecuario de la tierra, Viglizzo *et al.* (1995). El sector elegido presenta una variedad de situaciones agro-productivas representativas para la región, estimándose un % de roturación del suelo de entre un 30 a un 50%, incorporando engorde bovino, producción de leche y escasa agricultura.

Se hallan en el área, 3 establecimientos de producción de leche, 10 de carne vacuna, 1 de agricultura, 1 de agricultura + leche, 2 de agricultura + carne vacuna, 1 de agricultura + leche + carne y 1 que se usaba sólo como vivienda.

OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN, MUESTREO Y SELECCIÓN DE INDICADORES

Se utilizó información de clima y suelo de la zona recopilada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria -INTA- (1998 y 2000). Se recorrió la zona para identificar todos los establecimientos considerando los diferentes tamaños de explotación y tipo de actividad agroganadera, obteniéndose un total de 26 predios catastrales a ser estudiados. De éstos se hallaron 7 abandonados. Se procedió a tomar contacto con los 19 productores restantes en actividad. Cada uno fue encuestado en una entrevista personal.

Se utilizó el diseño de encuestas de Gárgano *et al.* (1988 y 2001) con el fin de recolectar la máxima información fiable para el período julio 2004- junio 2005, con el fin de caracterizar los sistemas según: uso del suelo, actividades agropecuarias desarrolladas, estructura de los rodeos y sus parámetros productivos, recursos forrajeros, cultivos de cosecha y rendimientos e insumos utilizados para las distintas actividades agroganaderas. La información obtenida permitió realizar los cálculos de los indicadores.

Se seleccionaron los indicadores según metodología de Girardin *et al.* (2000) utilizados en el AGROECOINDEX-INTA®, publicado por el INTA - Bolsa de Cereales (2006) y Viglizzo *et al.* (2003, 2006), con una escala de valores construida para cada uno, en



Figura 1. Ubicación de Argentina y de la provincia de San Luis en la Argentina. (Location of Argentina and San Luis province).

función de las situaciones agroambientales estudiadas en 120 establecimientos, para ser usada como base de comparación. Para facilitar su interpretación desarrollaron una escala de 5 rangos de gravedad (sin problema; alerta; gravedad leve; grave y muy grave) que permiten diagnosticar el estado ambiental de cada componente afectado y por ende, del predio en su totalidad. Dicha escala fue utilizada para interpretar los valores de los indicadores.

Se calcularon los indicadores para el ejercicio 2004-2005, para cada establecimiento tomado como una unidad y se ejemplificó un establecimiento tipo de 60 años atrás, según información de Cabrera, 1953, para su comparación.

El uso de la tierra define el propósito por la cual es ocupada. Los diferentes patrones de uso de la tierra se estiman mediante factores de ocupación relativa, geográfica y temporal, debidos a distintas actividades agropecuarias. En este trabajo se utilizará uno de los componentes del uso de la tierra, el % de cultivos anuales (CA), como variable en el proceso de análisis de los indicadores aplicados. Los indicadores que se utilizaron se señalan a continuación:

- Consumo de energía fósil (EF) (Mj/año): expresa el costo energético total de los distintos insumos y actividades agropecuarias, expresados en megajulios de energía fósil.

- Eficiencia de uso de energía fósil (EEF) (MjEF consumida/Mj producto/año): relación insumo/producto obtenida a partir del cociente entre el consumo de EF y los costos energéticos de los productos generados por las actividades correspondientes.

- Balance de nitrógeno y balance de fósforo (BN y BP) (kg N-P/año): diferencia entre ingresos y egresos cuantificables de cada mineral en el establecimiento estudiado. En el cálculo de los egresos se considera el nutriente exportado a través de los productos: carne, grano y leche. Las vías de ingreso de N y P consideradas son los fertilizantes y alimentos importados desde

fuera del predio, agregándose para N las precipitaciones, y fijación biológica por leguminosas.

- Riesgo relativo de contaminación por plaguicidas (RPL): índice relativo que valora el riesgo de contaminación por plaguicidas en forma comparativa.

- Riesgo de erosión hídrica y eólica (RE) (t suelo/año): se encuentra afectado por la cobertura relativa del cultivo, aptitud relativa del suelo, tipo de labranza usada, grado de pendiente, riego, precipitaciones.

- Cambios en el stock de carbono (C) en el suelo (CSC) (t C/año): se encuentra afectado por el uso histórico de la tierra, tipo de labranza y manejo de los rastrojos.

- Balance de gases efecto invernadero (GEI) (t CO₂ equivalente/año): se estima a partir de tres grandes fuentes de emisión: - materia orgánica de los suelos y su tenor de C, -producción de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), resultantes de actividades forestales, agrícolas y ganaderas, y -producción de CO₂ por consumo de energía fósil. Estas emisiones se valoran en forma conjunta mediante coeficientes según su potencial de calentamiento global, que los convierten en *emisión de CO₂ equivalente*.

Los resultados de los indicadores de sustentabilidad ambiental se expresaron por hectárea para cada predio y representaron gráficamente en función de la superficie de los establecimientos, con el fin de compararlos en forma individual. También fueron expresados por superficie total de cada predio (valores totales) como figura en Domburg *et al.* (2000), para mostrar la incidencia ambiental de cada variable en el área considerada. Se realizó un análisis de correlación entre los valores totales de los indicadores de los 19 establecimientos utilizando el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (InfoStat, 2007).

Los predios fueron divididos en 2 grupos según el valor de la superficie correspondiente a la mediana (80 hectáreas): 10 predios chicos (5 a 80 ha) y 9 grandes (129

INTENSIFICACION AGROPECUARIA E INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

a 680 ha). Se aplicó la prueba de la mediana a los indicadores y a la variable CA para analizar si los valores centrales de los indicadores difieren con la escala de producción. Para describir la contribución de cada indicador por grupo respecto del área total, se realizó la sumatoria de los valores totales de los indicadores de los 10 predios chicos, por un lado, y de los 9 predios grandes por otro, y luego se la expresó en forma relativa al total. A partir de esta información se seleccionaron aquellos aspectos prioritarios para la capacitación, según escala productiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los 19 establecimientos representan el 90,55% (3654 ha) de la superficie total (4035,3 ha) de la zona en estudio y el 9,45% restante (381,3 ha), corresponde a los predios abandonados.

Características edafoclimáticas generales: clima pampeano semiárido, régimen hídrico anual promedio de 588,2 mm, con el 77% del total anual en el semestre cálido, con temperaturas extremas marcadas: verano 22,4°C, invierno 8,3°C, siendo la media

anual de 15°C. La fecha media de la primera helada es el 22 de abril (± 20 días) y la última el 19 de octubre (± 20 días) y la velocidad media del viento de 8 km/h. Según Veneciano *et al.* (2000), la evapotranspiración real es de 1500 mm/año. Los suelos corresponden a dos series: Fraga y Villa Mercedes, clase textural franco-arenosa con una retención de agua estimada de 140 mm en 1 m de suelo. La materia orgánica en la zona es del orden de 1,4% y la pendiente general del 0,5 a 1%, según datos del INTA (2000).

Los datos obtenidos por la encuesta permitieron realizar un análisis de la condición productiva del área de estudio. El 33% de los establecimientos que producen carne bovina realizan cría, con un rodeo promedio de 20 vacas y destete del 55%. El 25% realiza cría y recría y el 42% recría y engorde. Estos últimos se reparten en predios con rodeos de 64 cabezas promedio (tienen menos de 499 ha y representan el 75%) y en predios con rodeos de 325 cabezas promedio (superficie superior a 500 ha, representando el 25% restante). Los establecimientos de producción lechera poseen, en promedio, un rodeo de 19 vacas (menos de 499 ha) y de 206 vacas para el único predio que posee una

Tabla I. Valores descriptivos de los sistemas de producción de los 19 predios analizados (promedio \pm desvío estándar) y caracterización de un establecimiento en condición original. (Descriptive values of the production systems of the 19 studied farms (mean \pm standard deviation) and characterization of a farm at original condition).

Descriptores	Valores promedio y desvío estándar	Valores estimados de condición original
Superficie total (ha)	192,32 \pm 223,14	200
Superficie ganadera (ha)	134,16 \pm 191,76	200
% de vegetación original (bosques de Caldén y pastizales)	48,53 \pm 67,84	100
% de cereales forrajeros	35,21 \pm 35,87	0
% de pasturas implantadas	14,58 \pm 25,78	0
% de cultivos para cosecha	12,68 \pm 26,11	0
Cantidad de unidades ganaderas (UG)/ha (carne)	0,58 \pm 0,47	0,2
Cantidad de unidades ganaderas (UG)/ha (leche)	1,22 \pm 1,10	0
Producción de carne (kg/ha/año)	82,8 \pm 79,7	30
Producción de leche (l/ha/año)	1047 \pm 1011	0
Cantidad de alimentos ingresados para el ganado (kg/año)	11 015 \pm 26 079	0

superficie de 543 ha. En todos los casos el servicio fue natural, a campo. La superficie laboreada en forma convencional está destinada a la provisión de cereales para el ganado (maíz y trigo). La incipiente incorporación de la soja se realiza con labranza tipo siembra directa, con una escasa utilización de fertilizantes (fosfato di-amónico: 60 kg/ha) en un solo predio y pesticidas (exclusivamente glifosato: 4-6 l/ha). En la **tabla I** se presentan los descriptores con sus valores promedio y desvío estándar, para los 19 predios estudiados, y para su comparación, la estimación de iguales descriptores para un sistema original de producción de un establecimiento tipo (60 años atrás), según información de Cabrera, 1953. Estos resultados productivos son coincidentes con las medias zonales, según Rearte, 2007. Se observa que los desvíos son importantes, mostrando la diversidad de situaciones. En el caso de los valores referidos a productividad (ej. carne o leche), esta variedad se presenta como consecuencia de la incipiente intensificación de la zona de estudio. La vegetación originaria (bosques de caldén y pastizales) fue perdiendo superficie, la cual se asignó a cereales para el ganado, pasturas, y recientemente a cultivos para cosecha, donde se incorporan fertilizantes nitrogenados (urea: 80-250 kg/ha).

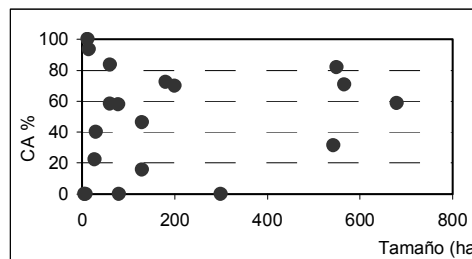
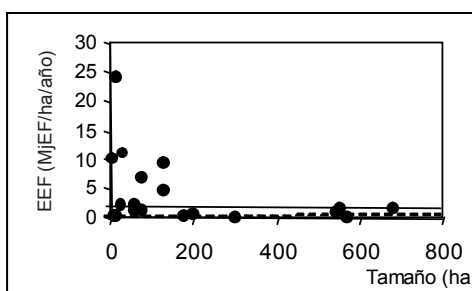
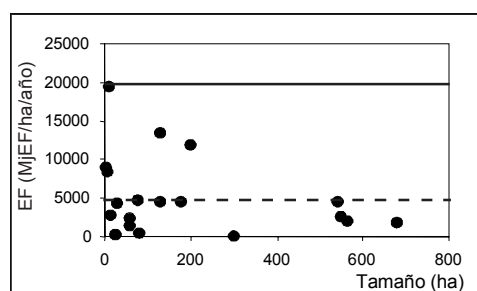


Figura 2. Uso de la tierra (CA %) en función del tamaño de los predios (ha) en 19 establecimientos agropecuarios. (Land use (% of annual crops) in 19 farms related to their land area (ha)).

La **figura 2** muestra que no existe una asociación entre CA y tamaño de los predios. En las **figuras 3** y **4** se realizaron diagramas de dispersión entre los resultados de los indicadores EF, EEF, BN y BP para cada predio, y el tamaño de los establecimientos. Se señaló el valor inferior del rango sin problema y el superior del rango grave, según Viglizzo *et al.* (2006), dado que los resultados obtenidos se ubicaron entre ellos.

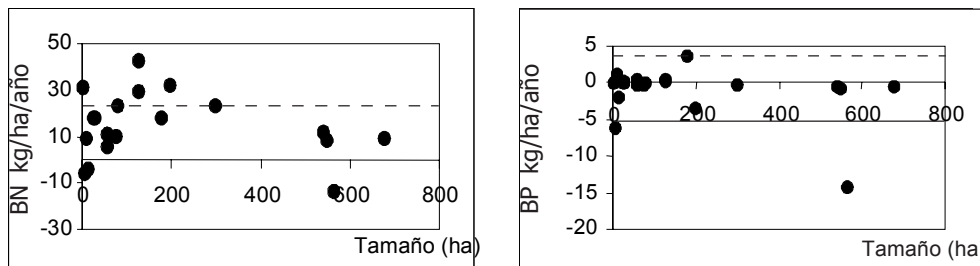
Con respecto a EF y EEF, destaca una gran dispersión en los predios chicos (**figura 3**) con un promedio de 5138 ± 5120 Mj EF/ha/año, con valor máximo de 19412, considerado grave y para EEF de



*VR: Valor de Referencia EF: Sin problema <5000 (---); Grave >20000 (—); EEF: Sin problema <0,5 (---); Grave >2 (—) (AGROECOINDEX®).

Figura 3. Energía fósil: consumo (EF) y eficiencia de uso (EEF) según tamaño de predio (n= 19). (Fossil energy: use (EF) and use efficiency (EEF) according to farm size (n= 19)).

INTENSIFICACION AGROPECUARIA E INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD



**VR: Valor de Referencia BN: Sin Problema >20 (---); BP: Sin Problema >3 (---); Grave <-6 (___) (AGROECOINDEX®).

Figura 4. Balance de nutrientes: nitrógeno (BN) y fósforo (BP) según tamaño de predio ($n=19$). (Nutrient balance: nitrogen (BN) and phosphorus (BP) according to farm size ($n=19$)).

$4,13 \pm 6,08$ Mj EF/Mj EF producto, con un máximo de 24,2, considerado muy grave, ambos para un predio de 12 ha que roturó el 100% de su superficie con arado de reja.

Estas diferencias con los predios mayores a 180 ha podrían deberse a que en los predios muy chicos, mayormente ganaderos, los gastos energéticos de estructura para el funcionamiento (combustible para la camioneta, electricidad para la vivienda o uso del tractor) quedan poco diluidos, incidiendo, por lo tanto, con mayor preponderancia por unidad de producto (carne y leche) o por unidad de superficie. Es decir, se gastaría lo mismo en combustible para ir al pueblo en vehículo a buscar un medicamento, sean 10 o 50 animales en producción. Esta situación es la que incide en forma proporcional en los resultados del indicador. Cuando se comparan con los valores obtenidos para el predio original de 200 ha, estos resultados son coincidentes (rango sin problema) dado que el consumo de EF fue de 21,62 Mj EF y la EEF fue de 0,05 Mj EF/Mj EF producto.

Los balances de nutrientes (**figura 4**), muestran pérdida de P (valores negativos) en el sistema, con degradación en el 68% de los predios. Su promedio y desvío fue de $-1,3 \pm 3,7$ kg P/ha. Para BN, 15% de los predios con pérdidas al igual que en BP, y situaciones con excedentes que aún no

implican riesgos de contaminación, según valores de referencia. Su promedio y desvío fue de $14,13 \pm 14,04$ kg N/ha. Para el predio original se presentaron comportamientos similares pero con valores menores de degradación; BP = $-0,21$ kg P/ha y BN = $3,1$ kg N/ha, considerado un exceso insignificante. Destaca un predio (567 ha) que presentó los valores de pérdida más importantes (grave para P y leve para N), debido a que el 70% de la superficie es destinada al cultivo de soja sin utilización de fertilizantes (reposición de nutrientes).

Para el resto de los indicadores, expresados por hectárea, los valores obtenidos no representan riesgos actuales de contaminación. El valor del promedio y desvío para RPL fue $2,93 \pm 5,69$, con un solo predio de 550 hectáreas, con un RPL = 22, considerado alerta, el cual podría coincidir con la siembra de soja con labranza cero o directa y por ende, utilización de pesticidas. Para GEI, el promedio fue $4,8 \pm 2,64$ t CO₂ eq/ha/año, con un valor máximo de 12, considerado alerta. Para RE, fue $6,82 \pm 5,39$ t/ha/año de pérdida de suelo, con valores entre 0 y 17, este último considerado alerta; y para CSC el promedio fue $-0,06 \pm 0,08$ t C/ha/año, con dos predios pequeños que se acercaron a los valores del rango considerado grave ($-0,2$ t C/ha/año). Esto podría deberse a que en la proporción del establecimiento (alrededor

del 30% de la superficie) en la cual han incorporado cereales, las labranzas son de tipo convencional (arado de reja y discos), siendo este tipo de labranzas las que tienen mayor incidencia en la pérdida de suelo, comparado con los predios grandes que incorporan la siembra directa, que tiene menor efecto respecto a dicha pérdida. Los valores de los indicadores RPL (0), RE (-0,38 t/ha/año), CSC (0 t C/ha/año) y GEI (0,49 t CO₂ eq/ha/año), para el predio considerado como original, son consistentes con una situación prácticamente no disturbada en un sistema de producción de carne muy extensivo.

Los resultados del análisis de correlación de Spearman se indican en la **tabla II**. El CA, considerado como la variable de mayor relevancia para evaluar cambios en la intensidad de uso de las tierras, correlaciona solamente con RE y CSC -indicadores en referencia al suelo-, mostrando en ambos que existe pérdida del mismo. El EF, no correlaciona con BN y BP, coincidiendo con la escasa utilización de fertilizantes y de alimentos externos al predio. La EEF correlaciona con RE, esto puede ser debido al uso de labranzas convencionales que utilizan mayor cantidad de energía, sin observarse

rendimientos acordes a esta situación.

El BN correlaciona solamente con GEI, pudiéndose explicar por el aporte de óxidos nitrosos (N₂O) provenientes, en su mayoría, de la volatilización del nitrógeno existente en excretas animales y fertilizantes, y de las labranzas de suelos donde ha habido fijación de N por leguminosas (pasturas y cultivo de soja).

Al comparar los 2 grupos según tamaño (mediana del grupo de predios chicos= 28,5 ha y del grupo de predios grandes= 300 ha), se encontraron diferencias significativas para los indicadores EF, BN, RPL, RE y GEI (**tabla III**). Si bien la totalidad de los predios del grupo chico consumió menos EF que el total del grupo grande, no se encontraron diferencias entre los valores centrales de EEF. Se encuentran diferencias significativas en BN con valores mayores en el grupo grande, por el uso de pasturas con leguminosas, cultivos de soja con fertilización con urea en un caso, y con fosfato di amónico en otro, ambos para cultivos de soja. No existieron diferencias significativas en el BP entre grupos dada la casi nula restitución de dicho nutriente vía fertilizantes.

El RE fue significativamente diferente, con valores mayores en el grupo grande, sin

Tabla II. Matriz de coeficientes de correlación de Spearman entre los valores totales de los indicadores de sustentabilidad ambiental y del % de cultivos anuales de 19 establecimientos agropecuarios de Villa Mercedes, San Luis. (Matrix of coefficients of Spearman correlation among total values of environmental sustainability indicators and of the % of annual crops of 19 farms in Villa Mercedes, San Luis).

	% CA	EF	EEF	BN	BP	RPL	RE	CSC
EF	0,374	1,000						
EEF	0,124	0,628*	1,000					
BN	-0,211	0,432	0,460	1,000				
BP	-0,058	-0,207	0,089	-0,139	1,000			
RPL	0,394	0,649*	0,214	0,272	-0,250	1,000		
RE	0,473*	0,847*	0,670*	0,309	-0,277	0,554*	1,000	
CSC	-0,629*	-0,500*	-0,151	-0,005	0,260	-0,404	-0,563*	1,000
GEI	0,158	0,561*	0,261	0,616*	-0,437	0,660*	0,593*	-0,493*

*significativo (p<0,05).

INTENSIFICACION AGROPECUARIA E INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Tabla III. Medidas resumen de los valores totales de indicadores de sustentabilidad ambiental y del % de cultivos anuales, agrupados por tamaño, de 19 establecimientos agropecuarios de Villa Mercedes, San Luis. (Summarized measures of total values of environmental sustainability indicators and of % of annual crops grouped by size, of 19 farms in Villa Mercedes, San Luis).

Indicador	Grupo de predios chicos (≤ 80 ha) n= 10		Grupo de predios grandes (≥ 81 ha) n= 9	
	Mediana	Mín - Máx	Mediana	Mín - Máx
CA	48,85 ^a	0 - 100	58,82 ^a	0 - 81,81
EF	76844,1 ^a	7659,01 - 358437	1241428,4 ^b	0 - 2447611,6
EEF	85,69 ^a	1,87 - 536,56	469,15 ^a	0 - 1210,92
BN	401,64 ^a	-71,21 - 1847,2	5432,44 ^b	-8160,26 - 6846
BP	-9,53 ^a	-49,92 - 18,84	-389,87 ^a	-8160,26 - 631,08
RPL	0 ^a	0 - 1,65	844,92 ^b	0 - 11999,99
RE	145,5 ^a	10,73 - 825,54	915,71 ^b	-281,4 - 7788
CSC	-2,31 ^a	-10,2 - 0,41	-8,84 ^a	-67,47 - 29,4
GEI	106,73 ^a	2,3 - 367,36	1337,4 ^b	745,88 - 6800,03

Medianas con distinta letra en la misma fila difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

acompañarse de diferencias significativas en la pérdida de carbono del suelo. Por las encuestas se evidenció que los predios con superficie de hasta 80 ha, utilizan todavía labranza convencional en la totalidad de la superficie que roturan, con excepción de un establecimiento que emplea labranza reducida. En los predios de mayor tamaño, se observa la inclusión de labranzas como la siembra directa, que resultan en menores pérdidas de carbono del suelo.

El RPL en el grupo chico es casi nulo, indicando el poco uso de plaguicidas, por lo cual parecería ser una tecnología de adopción, también, a partir de cierta escala de tamaño. El GEI es significativamente diferente, observándose valores mayores en el grupo grande. Podría vincularse con que en este grupo existen mayoría de predios con producción ganadera reflejando la emisión de metano.

En la **tabla IV** se muestran las contribuciones de ambos grupos de predios al área total, para cada indicador (en valores absolutos y en porcentajes). La superficie acumulada del grupo de predios chicos (≤ 80 ha), fue de 375 ha representando un 10,26%,

y de los predios grandes (≥ 81 ha) fue de 3279 ha, representando un 89,74%. El CA en el total del área relevada fue de 53,17%. De las 375 ha del grupo de predios chicos, un 46,4% de la superficie (174 ha) fue afectada por roturación anual y en el caso del grupo de predios grandes, un 53,96% (1769 ha), mostrando valores de roturación similares en ambos grupos y confirmando la información presentada en la **figura 2**.

Aquellos indicadores cuyos valores contribuyeron en proporciones distintas al 10% para el grupo chico y al 90% para el grupo grande, muestran que la incidencia fue distinta según tamaño de predio. Se observa principalmente para la EEF, BP, RPL, CSC y GEI. La importancia radica en identificar si el grupo que más incide negativamente en la sustentabilidad agroambiental es el de predios grandes.

La evaluación recientemente realizada provee información valiosa para discernir y priorizar actividades de capacitación y extensión en aspectos productivos vinculados a la sustentabilidad ambiental, para productores de diferentes escalas de producción. En el caso de los predios grandes

Tabla IV. Valores totales de los indicadores de sustentabilidad de 19 predios según 2 grupos de tamaño (chicos: ≤ 80 ha y grandes: ≥ 81 ha) y contribución que realizan al área total de estudio en Villa Mercedes, San Luis. (Total values of environmental sustainability indicators of 19 farms grouped by size (small farms: ≤ 80 ha and big farms: ≥ 81 ha) and their contribution to the whole area under study in Villa Mercedes, San Luis).

Indicadores	Grupo de predios			
	chicos (≤ 80 ha) n= 10 total	% de contribución al área total	grandes (≥ 81 ha) n= 9 total	% de contribución al área total
Consumo EF (MjEF/año)	1 137 519	8,8	11 669 264	91,12
Ef. uso EF (MjEF/MjEF/año)	1576	26,76	4314	73,24
Balance N (t/año)	4695	12,16	33 909	87,84
Balance P (t/año)	-108	1,11	-9622	98,89
Riesgo cont. Plag. (índice)	1,65	0,01	27 794	99,99
Riesgo erosión E y H (ton suelo/año)	2825	12,56	19 662	87,44
Cambio stock C (t C/año)	-40	23,78	-129	76,22
Balance GEI (t CO ₂ eq/año)	1236	5,8	20 096	94,2

sería importante concentrarse en mejorar la reposición del P vía fertilizantes, para no incurrir en una degradación del nutriente en tan grandes extensiones. Así también, en la utilización racional de plaguicidas en los cultivos que han introducido (preferentemente soja). En los de menor tamaño sería importante orientar actividades de capacitación que difundieran técnicas de labranzas que no solo disminuyen el consumo de combustible, y en consecuencia mejore la EEF, sino también disminuyan los valores de pérdida de carbono del suelo.

CONCLUSIONES

La utilización de indicadores de sustentabilidad ambiental ha permitido conocer el impacto que las prácticas agropecuarias tienen en un agro-ecosistema determinado, no sólo al nivel de predio individual sino también en forma zonal, en función de la escala de producción.

La actual intensificación del sector rural

BIBLIOGRAFÍA

Atkinson, D. and C.A. Watson. 1996. The environmental impact of intensive systems of animal

de Villa Mercedes no ha impactado aún gravemente al medio, según valores de los indicadores utilizados. Sin embargo, la intensificación incipiente en el uso de la tierra, asociada principalmente al cultivo de soja, ha desplazado a la ganadería a zonas más marginales y de menor calidad, o ha concentrado el número de animales en superficies más reducidas dentro del predio, con el fin de utilizar la tierra de mejor aptitud para este cultivo. Estos cambios en el uso de la tierra, junto al incremento en el uso de plaguicidas y fertilizantes, podrían derivar la situación actual hacia otra más perturbada.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con el financiamiento de los Proyectos V050 y V015 Programa UBACyT (Universidad de Buenos Aires) y PROIPRO 50303 (FICES – Universidad Nacional de San Luis). Los autores quieren agradecer a los productores que respondieron las encuestas.

production in the lowlands. *Anim. Sci.*, 63: 353-361.

INTENSIFICACION AGROPECUARIA E INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

- Cabrera, A.L. 1953. Esquema fitogeográfico de la República Argentina. *Revista del Museo de La Plata* (Nueva Serie), Botánica 8: 87-168.
- Díaz-Zorita, M. y M. Barraco. 2002. ¿Cómo es el balance de P en los sistemas pastoriles de producción de carne en la región pampeana?. www.elsitioagricola.com/articulos/diazzorita/Balance. 15 de Marzo de 2005.
- Domburg, P., A.C. Edwards, A.H. Sinclair and N.A. Chalmers. 2000. Assessing nitrogen and phosphorus efficiency at farm and catchment scale using nutrient budgets. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 1946-1952.
- Dou, Z., R.A. Kohn, J.D. Ferguson, R.C. Boston and J.D. Newbold. 1996. Managing nitrogen on dairy farms: An integrated approach I. Model description. *J. Dairy Sci.*, 79: 2071-2080.
- EPA. 2000. Office of Water. Animal feeding operations in national management measures to control nonpoint source pollution from agriculture, en watershed protection. www.epa.gov/owow/nps/agmm/index.html. Diciembre de 2006.
- Gargano, A.O., M.A. Adúriz, H.M. Vollegas, O. Pellejero y M.C. Saldungaray. 1988. Sistemas de producción representativos del sur bonaerense y contribución a su mejoramiento. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 8: 237-247.
- Gargano, A.O., M.A. Adúriz, M.C. Saldungaray, P. Chimeno y V.P. Conti. 2001. Sistemas agropecuarios extensivos del Partido de Saavedra. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 21: 53-65.
- Girardin, P., C. Bockstaller and H.M.G. van der Werf. 2000. Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO*ECO method. *Environ. Impact Assess.*, 20: 227-239.
- Herrero, M.A., G. Sardi, V. Maldonado May, M. Flores, A. Orlando y L. Carbó. 2000. Distribución de la calidad del agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios bonaerenses-II- Condiciones de manejo y grado de contaminación. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 20: 237-247.
- Herrero, M.A., S.B. Gil, G.M. Sardi, M.C. Flores, L.I. Carbó y A.A. Orlando. 2006. Transferencia de nutrientes del área de pastoreo a la de ordeño en tambos semiextensivos en Buenos Aires, Argentina. *Rev. InVet.*, 8: 23-30.
- InfoStat. 2007. InfoStat versión 2007. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- INTA. 1998. Informe Agrometeorológico E.E.A. San Luis Información técnica, n° 151. ISSN 0327-425X.
- INTA. 2000. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja Villa Mercedes. Departamento General Pedernera y Coronel Pringles. Provincia de San Luis.
- INTA-Bolsa de Cereales. 2005. Navegador Agro-Ecológico. Desarrollo de una metodología compatible con la NORMA ISO 14000, para la eco-certificación de predios rurales. <http://agroxxi.org.ar/navegador>. Agosto 2005.
- INTA-Bolsa de Cereales. 2006. Agro-Eco-Index. Soporte informático. En: Navegador Agro-Ecológico. Desarrollo de una metodología compatible con la NORMA ISO 14000, para la eco-certificación de predios rurales. www.inta.gov.ar/info/ecocert/resumen.htm. Octubre 2006.
- Rearte, D. 2007. Distribución regional de la ganadería argentina. www.inta.gov.ar/balcarce/carnes/prodcarne.htm. Febrero 2008.
- Sweeten, J.M., T.H. Marek and D. McReynolds. 1995. Groundwater quality near two cattle feedlots in Texas High Plains: a case study. *Am. Soc. Agric. Eng.*, 11: 845-850.
- Veneciano, J.H., O.A. Terenti y M.E. Federigi. 2000. Villa Mercedes (San Luis): Reseña climática del siglo XX. INTA. Información Técnica N° 156. ISSN 0327-425X.
- Viglizzo, E., A. Pordomingo, M. Castro y F. Lértora. 2002. La sustentabilidad ambiental del agro pampeano. Programa Nacional de gestión Ambiental Agropecuaria. INTA. p. 84.
- Viglizzo, E., A. Pordomingo, M. Castro and F. Lértora. 2003. Environmental assessment of agriculture at a regional scale in the Pampas of Argentina. *Environ. Monit. Assess.*, 87: 169-195.
- Viglizzo, E., Z. Roberto, M.C. Filippin and A. Pordomingo. 1995. Climate variability and agroecological change in the central Pampas of Argentina. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 55: 7-16.
- Viglizzo, E.F., F. Frank, J. Bernardos, D.E. Buschiazio and S. Cabo. 2006. A rapid method for assessing the environmental performance of commercial farms in the pampas of Argentina. *Environ. Monit. Assess.*, 117: 109-134.